

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

TECHNICKÉ POŽADAVKY NA SVAŘOVANÉ KONSTRUKCE V PLYNÁRENSTVÍ

TECHNICAL REQUIREMENTS FOR WELDED CONSTRUCTIONS IN GAS INDUSTRY

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. PETR KROUPA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. LADISLAV DANĚK, CSc.

BRNO 2008

ABSTRAKT

KROUPA Petr. Technické požadavky na svařované konstrukce v plynárenství. Diplomová práce. Magisterský studijní program „Strojní inženýrství, Obor 2307 Strojírenská technologie, Specializace 02 Tváření, svařování, 2. stupeň, 2. ročník, šk. rok. 2007/2008. FSI VUT v Brně, ÚST Odbor tváření kovů a plastů, květen 2008, str. 85, obr. 16, tab. 11, 8 příloh

Diplomová práce, vypracovaná v rámci magisterského studijního oboru M2307, předkládá rozbor požadavků z hlediska norem, zákonů a nařízení vlády při přípravě, provádění a kontrole svařování při výrobě konstrukcí v plynárenství. Je zaměřena na svařování konstrukcí z nízkouhlíkových ocelí v oblasti plynárenství z hlediska požadavků Českých státních norem a Evropských norem, které byly dány vstupem ČR do evropské unie. Normy se týkají požadavků na kvalitu a dokumentaci, systému značení ocelí, technologií svařování, výrobních zásad pro provádění plynových konstrukcí, destruktivních a nedestruktivních zkoušek potřebných při provádění plynových konstrukcí.

Klíčová slova: plynová zařízení, nízkouhlíkové materiály, Evropská norma

ABSTRACT

KROUPA Petr, Technical requirements for welded constructions in gas industry. Graduation theses., Mechanical engineering, Department 2307 Metal Forging Technology, Specialization 02 Forming, Welding, 2. , 2. graduate, school- year 2007/2008. FSI VUT Brno, ÚST Department of Metal Forging Technology, Mai 2008, page NO. 85, picture NO 16, chart NO 11, supllement NO 8

The graduation thesis, drew up with in the frame of engeneering studies department M2307, submits a koncept of a analysis requirements in light of specification, law and order governments at disposition, transaction and verification welding at production construction in gas manufacture. It is sight on welding construction from low karbon steels in the area gas manufacture in light of requirements Czech state specification and European specification, that have was given entrance CR to the European union. Specification with be related to demand on making and documentation, system notation steel, system notation steel, technology welding, production fundamentals for transaction gas construction, destructive and non-destructive testing needed in applying the provision gas construction.

Keywords: gas arrangements, low karbon steels, European standart

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KROUPA, P. *Technické požadavky na svařované konstrukce v plynárenství*.
Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 85
s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Ladislav Daněk, CSc.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího diplomové práce.

V Brně dne 19.5.2008

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu doc. Ing. Ladislavu Daňkovi , CSc. a Ing. Dr. Vladimíru Kudělkovi, za cenné připomínky a rady týkající se zpracování diplomové práce.

OBSAH

Zadání	
Abstrakt	
Bibliografická citace	
Čestné prohlášení	
Poděkování	
Obsah	

	str.
Úvod.....	10
2. Cíle diplomové práce.....	10
2.1.1. Seznámení s legislativou.....	10
2.1.2. Posuzování shody tlakových zařízení dle NV Č.26/2003 Sb.....	12
2.2. Seznámení s normami.....	13
2.3. Seznámení s technicko-bezpečnostními požadavky na výrobu.....	15
2.3.1. Technická bezpečnost vybraných výrobků.....	15
2.3.2. Tlaková zařízení.....	16
2.3.3. Svařování.....	16
2.4. Seznámení s požadavky na provoz.....	16
3. Systém managementu kvality a výroby v plynárenství.....	17
3.1. Systém managementu jakosti ISO 9001/2000.....	17
3.2. Specifické požadavky pro zařízení.....	18
3.3. Činnosti souvisejícím s procesem svařování.....	18
3.4. Doporučené požadavky na jakost.....	19
3.5. Prokazování jakosti výrobků.....	19
4. Požadavky na dokumentaci.....	20
4.1. Projektová a konstrukční dokumentace.....	20
4.2. Technologická dokumentace.....	21
4.3. Výrobní dokumentace.....	22
4.4. Kontrola a zkoušení.....	23
4.5. Montáž na staveništi.....	23
4.5.1. Požadavky na dokumentaci s MOP do 16 barů.....	23
4.5.2. Požadavky na dokumentaci s MOP nad 16 barů.....	23
4.6. Průvodní technická dokumentace.....	24
5. Systém značení ocelí.....	24
5.1. Systém značení ocelí k tváření dle ČSN 420002-76.....	24
5.2. Systém značení ocelí k tváření dle ČSN EN.....	25
5.2.1. Systém zkráceného označování.....	26
5.2.2. Systém číselného označování.....	28
5.3. Rozdělení materiálů pro svařování.....	28

6. Metalurgie svařování.....	30
6.1. Volba základních a přídavných materiálů.....	30
6.1.1. Základní materiály.....	30
6.1.2. Přídavné materiály pro potrubí k zásobování plynem.....	32
6.2. Vznik a tvorba svaru.....	32
6.2.1. Svarový kov.....	32
6.2.2. Teplem ovlivněná oblast.....	33
6.3. Svařitelnost.....	34
6.3.1. Svařitelnost ocelí.....	34
6.3.2. Svařitelnost uhlíkových ocelí.....	35
6.3.2.1. Uhlíkový ekvivalent.....	35
6.3.2.2. ARA diagram.....	36
6.3.3. Svařitelnost jemnozrnných ocelí.....	37
6.4. Trhliny ve svarových spojích.....	37
7. Technologie svařování.....	39
7.1. Polohy svařování.....	39
7.2. Metody tavného svařování.....	40
7.3. Plamenové svařování.....	40
7.3.1. plyny pro plamenové svařování.....	40
7.3.2. Typy plamene.....	41
7.3.3. Příprava svarových ploch.....	42
7.3.4. Návrh svarového spoje.....	43
7.4. Elektrický oblouk.....	44
7.5. Obloukové svařování v ochranných plynech.....	45
7.5.1. Metoda WIG.....	45
7.5.1.1. princip metody.....	45
7.5.1.2. Metalurgické a technologické výhody.....	46
7.5.1.3. Druhy svařovacích proudů.....	46
7.5.1.4. Netavící se wolframové elektrody.....	47
7.5.1.5. Ochranné inertní plyny.....	48
7.5.1.6. Přídavné materiály.....	48
7.5.1.7. Příprava svarových ploch.....	49
7.5.2. Metoda MIG/MAG.....	49
7.5.2.1 Princip metody MIG/MAG.....	49
7.5.2.2. Ochranné plyny.....	51
7.5.2.3. Zdroje pro svařování metodou MIG/MAG.....	52
7.5.2.4. Přenos kovu v oblouku.....	52
7.5.2.5. Přídavné materiály pro svařování metodou MIG/MAG.....	53
7.5.2.6. Označování přídavných materiálů.....	54
7.6. Ruční obloukové svařování obalenou elektrodou.....	55
7.6.1. Princip metody.....	55
7.6.2. Svařovací zdroje.....	56
7.6.3. Elektrody pro ruční svařování elektrickým obloukem.....	56
7.6.4. Označování elektrod.....	58

7.6.5. Technologie svařování obalenou elektrodou.....	58
7.7. Svařování elektrickým obloukem pod tavidlem.....	59
7.7.1. Charakteristika metody.....	59
7.7.2. Princip metody.....	59
7.7.3. Zdroje svařovacího proudu.....	60
7.7.4. Návrh svarového spoje a rozsah použití.....	60
7.7.5. Technologické parametry svařování.....	60
7.7.6. Přídavné materiály pro svařování.....	61
7.8. Tepelné zpracování.....	62
8. Výrobní zásady provádění plynových zařízení.....	63
8.1. Personál.....	63
8.1.1. Odborná způsobilost.....	63
8.1.2. Kvalifikace výrobce pro provádění konstrukcí výrobků.....	64
8.1.3. Svářečský dozor a inspekce.....	68
8.2. Postupy svařování.....	69
8.2.1. Termíny a definice.....	69
8.2.2. Kvalifikace postupů.....	72
9. Kontrola a zkoušení.....	74
9.1 Metoda NDT svarových spojů.....	74
9.1.1 Vizuální kontrola.....	75
9.1.2 Magnetická metoda prášková.....	75
9.1.3 Penetrační metoda.....	76
9.1.4 Radiologická metody.....	77
9.1.5 Metody ultrazvukové.....	77
9.1.6 Rozsah zkoušení podle ČSN EN 12 732.....	78
9.2 Metoda DT svarových spojů.....	79
9.2.1 Zkouška tahem.....	79
9.2.2 Zkouška rázem v ohybu.....	80
9.2.3 Zkoušky tvrdosti.....	80
9.2.3.1 Brinellova zkouška.....	80
9.2.3.2 Zkouška tvrdosti podle Vickerse.....	81
9.2.3.3 Zkouška tvrdosti podle Rockwella.....	81
9.2.4 Destruktivní zkouška svaru na staveništi.....	81
10. Závěr.....	82
Seznam použité literatury.....	83
Seznam příloh.....	86

1. Úvod

Technologické požadavky na svařované konstrukce v plynárenství jsou shrnuty v celé řadě různých norem a zákonů, kterými se výrobce i provozovatel zařízení musí řídit. Při vstupu České republiky do Evropské unie musela být řada českých norem převedena nebo upravena v souladu se směrnici a vyhláškami evropského parlamentu.

Svařování plynových konstrukcí se v podstatě dělí na dva základní druhy:

- pro výchozí materiál je použita ocel
- pro výchozí materiál je použito plastu

Mezi svařováním ocelí a plastu jsou podstatné rozdíly z hlediska fyzikálních i chemických vlastností materiálu. Z důvodů širokého pásma zaměření které určuje zadání mé diplomové práce, se budu především zabývat konstrukcemi využívajícími jako výchozí materiál ocel.

2. Cíle diplomové práce

Cílem Diplomové práce je rozbor požadavků z hlediska norem, zákonů a nařízení vlády při přípravě, provádění a kontrole svařování při výrobě konstrukcí v plynárenství.

2.1.1. seznámení s legislativou [4]:

Legislativními předpisy pro provádění ocelových konstrukcí a technických zařízení (výrobků) v České republice jsou:

*** zákon č.22/1997 Sb.**

O technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, který nabyl účinnosti dnem 01.09. 1997 ve znění novely zákona č. 71/2000 sb., která nabyla účinnosti dnem 03.04.2000.

*** zákon č.102/2001 Sb.**

O obecné bezpečnosti výrobků a o změně některých zákonů (zákon o obecné bezpečnosti výrobků), který nabyl účinnosti dnem 01.07.2001

*** zákon č.205/2002 Sb.**

Kterým se mění zákon č.22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů (platných od 01.10.2002)

***zákon č.277/2003 Sb.**

Kterým se mění zákon č.102/2001 Sb., o obecné bezpečnosti výrobků a o změně některých zákonů, ve znění zákona č.146/2002Sb., zákon č.22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů a zákon č.634/1992 Sb., o ochraně spotřebitele,ve znění pozdějších předpisů (platný ode dne vstupu ČR do EU).

Hlavním cílem těchto zákonů je vytvořit základ k právní úpravě, odpovídající čl. 75 Evropské dohody, která obsahuje závazek České republiky, že „ČR dosáhne ve spolupráci s EU plné shody s technickými předpisy Evropského společenství (ES), Evropskou normalizací a postupy posuzování shody,..

Zákon 22/1997 upravuje:

- problematiku národních technických norem
- problematiku přejímání technických předpisů, upravujících především požadavky na výrobky, které by mohly svými vlastnostmi ohrozit veřejný zájem na ochraně života a zdraví, majetku a přírodního prostředí, včetně stanovení postupu shody.

Orgánem dozoru nad plněním požadavků zákona je Česká obchodní inspekce (ČOI), popř. orgán stanovený zvláštním zákonem.

ČOI dozoruje:

- zda pro stanovené výrobky uváděné na trh bylo vydáno prohlášení o shodě (výrobce)
- zda v případech stanovených v § 13 odst. 4 zákona 22/1997 Sb. v platném znění byl výrobek výrobcem označen stanoveným způsobem (označením CE, popř. jiným stanoveným označením v nařízení vlády, např. CCZ, na každém výrobku)
- zda k výrobku byl vydán či přiložen stanovený doklad (autorizovanou osobou, výrobcem)
- zda vlastnosti stanovených výrobků uvedených na trh, odpovídají stanoveným technickým požadavkům.

V oblasti technické normalizace pověřená právnická osoba – Český normalizační institut (ČSNI) , je za ČR plnoprávným členem evropských organizací CEN a CENELEC a má stejná práva i povinnosti jako ostatní členské národní normalizační organizace.

***Nařízení vlády**

Ve „ Věstníku ČSNI ” jsou oznamovány pověřené právnické osoby, oprávněné k posuzování shody, čímž je dosaženo náhrady předchozího státního zkušebnictví, na principech shodných s principy uplatňovanými ve státech Evropské unie (EU).

Podstata zákona spočívá:

-ve vymezení zmocnění pro vládu ČR přejímat zejména směrnice Rady ES vydávané po roce 1985 podle „Nového přístupu k technické harmonizaci a normám”

-ve stanovené rámcové povinnosti výrobců a dovozců výrobků, které jsou konkrétně obsaženy v jednotlivých nařízeních vlády, a které jsou označovány jako „stanovené výrobky” .

2.1.2. Posuzování shody tlakových zařízení dle nařízení vlády Č.26/2003 Sb.ve znění NV 621/2004 Sb. [5]:

Posuzování shody se provádí podle zákona č. 22/1997 Sb. O technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů (v platném znění) a v oblasti tlakových zařízení podle nařízení vlády č.26/2003 Sb.(v platném znění), které odpovídá **Směrnici evropského parlamentu a Rady 97/23/ES (PED)**.

Rozsah platnosti

Nařízení vlády 26/2003 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na tlaková zařízení, se vztahuje na návrh, výrobu a posuzování shody tlakových zařízení a sestav tlakových zařízení s nejvyšším dovoleným tlakem větším než 0,5 bar.

Definice tlakového zařízení:

Tlaková zařízení

-jsou nádoby, potrubí, bezpečnostní výstroj a tlaková výstroj, zahrnuje také prvky připojené k součástem vystaveným tlaku, jako jsou příruby, hrdla, spojky, podpory, závěsná kolena atd.

Sestavy

-několik tlakových zařízení sestavených výrobcem tak, že představují ucelenou funkční jednotku.

Nádoba

-je těleso navržené a zhotovené tak,aby mohlo být naplněno tekutinou pod tlakem, včetně součástí, které jsou k němu přímo připevněny zasahují až k místu spojení s jiným tlakovým zařízením, může se skládat z více než jednoho tlakového prostoru.

Potrubí

-jsou potrubní části určené k přepravě tekutin,pokud jsou navzájem spojeny tak, že tvoří jeden tlakový systém. Potrubí zahrnuje trubky nebo soustavu trub či trubek, tvarovky, dilatační spoje, hadice nebo popřípadě jiné části vystavené tlaku. Za potrubí se považují také trubkové výměníky tepla, skládající se z trubek a určené k chlazení nebo ohřívání vzduchu.

Tlaková výstroj

-jsou zařízení, která mají provozní funkci a jejichž těleso je vystaveno tlaku.

Bezpečnostní výstroj

-jsou zařízení určená k ochraně tlakových zařízení před překročením nejvyšších pracovních mezí, zahrnují zařízení jak pro přímé omezení tlaku, jako jsou pojistné ventily, membránová průtržná pojistná zařízení, vzpěrné tyče, řízené pojistné systémy tak omezující zařízení, která buď uvádějí v činnost regulační zařízení nebo zabezpečují odstavení a blokování, jako jsou tlakové spínače, teplotní spínače nebo hladinové spínače a bezpečnostní měřicí, řídicí a regulační systémy související s bezpečností.

2.2. Seznámení s normami [6]:

Evropské normy pro kovové konstrukce a technická zařízení jsou zaváděny jako dokumenty pro předcházení překážkám v obchodu mezi jednotlivými zeměmi a pro usnadnění technické spolupráce při navrhování, výrobě, provozu, opravách a likvidacích provozovaných výrobků.

Přínosem norem je jejich všeobecné a opakované použití, zlepšení vhodnosti provozovaných výrobků, procesů a služeb pro dané účely, sjednocením technických a bezpečnostních požadavků pro provozované výrobky.

Norma je dokument, který doporučuje osvědčené metody nebo postupy pro navrhování, výrobu, uvádění do provozu, údržbu nebo používání zařízení, konstrukcí nebo výrobků. **Norma uvádí technické specifikace, předepisuje technické požadavky, které má výrobek, proces nebo služba splňovat, poskytuje pravidla, směrnice nebo znaky pro činnosti nebo výsledky činností** a je zaměřená na dosažení optimálního stupně jejího využití i optimálního společenského prospěchu.

Norma je dokument vytvořený na základě konsensu a schválený uznaným orgánem.

Používaná označení technických norem:

ČSN	Česká technická norma
ČSN EN	Česká verze evropské normy
ČSN EN ISO	Česká verze mezinárodní normy (převzaté evropskou komisí pro normalizaci), ISO = Mezinárodní organizace pro normalizaci
ČSN CISPR	Česká verze normy vydané Mezinárodní komisí pro rádiové rušení
ČSN CR	Česká verze zprávy CEN (CEN = Evropská komise pro normalizaci)
ČSN ECIS IC	Česká verze Informačního oběžníku Evropské komise pro normalizaci železa a oceli
ČSN EN ISO/IEC	Česká verze normy vydané Mezinárodní organizací pro normalizaci a Mezinárodní organizací pro normalizaci v elektrotechnice (převzaté CEN)

ČSN EN ISP	Česká verze normy – ISP = Mezinárodně normalizované profily
ČSN ENV	Předběžná evropská norma
ČSN ETS	Evropské telekomunikační normy
ČSN ETSI EN	Evropské normy vydané Evropským institutem pro normy v telekomunikacích
ČSN EURONORM	Evropská norma – nahrazena EN
ČSN IEC	Česká verze normy vydané Mezinárodní organizací pro normalizaci v elektrotechnice (IEC)
ČSN IEC TR	Technická zpráva IEC
ČSN ISO	Česká verze mezinárodních norm
ČSN ISO IEC	Česká verze mezinárodních norm vydaných IEC
ČSN ISO/IEC TR	Technická zpráva ISO/IEC
ČSN ISO/TR	Technická zpráva ISO
ČSN ISO/TS	Technická specifikace ISO
ČSN P	Předběžná norma
ČSN P ENV	Předběžná evropská norma
ČSN P ENV ISO	Předběžná mezinárodní norma (převzatá CEN)

Důležitou skupinou českých technických norem jsou harmonizované a určené normy.

Harmonizovanou se stává norma, přejímá-li plně požadavky stanovené evropskou normou.

Ke splnění technických požadavků na výrobky, vyplývajících z nařízení vlády, mohou být určeny pro posouzení shody další normy, zařazené ve skupině s názvem „určené normy,.. Harmonizované a určené normy jsou oznamovány ve Věstníku ÚNMZ s uvedením technického předpisu, k němuž se vztahují (technický přepis = právní předpis vyhlášený ve Sbírce zákonů ČR).

Normy pro rozvod plynu-plynovody (stávající dle EN + původní značení ČSN)

ČSN EN 969 (13 2075)

Trubky, tvarovky a příslušenství z tvárné litiny a jejich spojování pro plynová potrubí. Požadavky a metody zkoušení + změna A1.

ČSN EN 1594 (38 6410)

Zásobování plynem. Plynovody s nejvyšším provozním tlakem nad 16 barů. Funkční požadavky.

ČSN EN 1775 (38 6441)

Zásobování plynem. Plynovody v budovách. Nejvyšší provozní tlak ≤ 5 bar. Provozní požadavky + Změna A1, A2, Oprava 1

ČSN 12007 – 1 až 4 (38 6413)

Zásobování plynem. Plynovody s nejvyšším provozním tlakem do 16 barů, včetně. Část 1 až 4.

ČSN EN 12186 (38 6417)

Zásobování plynem. Regulační stanice pro přepravu a rozvod plynu. Funkční požadavky + Změna A1.

ČSN EN 12279 (38 6443)

Zásobování plynem. Zařízení pro regulaci tlaku na přípojkách. Funkční požadavky + Změna A1.

ČSN EN 12327 (38 6414)

Zásobování plynem. Tlakové zkoušky, postupy při uvádění do provozu a odstavování z provozu. Funkční požadavky + Oprava 1.

ČSN EN 12583 (38 6481)

Zásobování plynem. Kompresní stanice. Funkční požadavky.

ČSN EN 12732 (38 6412)

Zásobování plynem. Svařované ocelové potrubí. Funkční požadavky.

2.3. Seznámení s technicko-bezpečnostními požadavky na výrobu :

2.3.1. Technická bezpečnost vybraných výrobků [7]

Bezpečným výrobkem je výrobek, který za běžných nebo rozumně předvídatelných podmínek užití (provozu) nepředstavuje po dobu stanovené nebo obvyklé použitelnosti (životnosti) žádné nebezpečí. Dále jeho užití (provoz) představuje vzhledem k bezpečnosti a zdraví osob (nacházejících se v bezpečné blízkosti) pouze minimální nebezpečí při správném užívání (provozování) výrobku, přičemž se sledují:

-vlastnosti výrobku, jeho životnost, složení, způsob balení při expedici, návod na jeho montáž, uvedení do provozu, obsluhu. Rovněž se sleduje způsob užívání (provozování) včetně vymezení prostředí užití (provozu), způsob značení výrobku, návod na údržbu, servis a likvidaci po stanovené době životnosti (provozu), event. další technické, ekologické informace poskytnuté výrobcem. Posuzuje se také vliv na další výrobky, které jsou s jeho užíváním (provozem) spojeny a také ochrana zdraví uživatele (viz zákon č. 22/1997 Sb. ve znění pozdějších předpisů a Nařízení vlády ČR, event. Evropské směrnice ES, EHS, EC).

-Za bezpečný výrobek se považuje výrobek, který splňuje požadavky zvláštního právního předpisu a mezinárodních smluv (každý stát je těmito smlouvami vázán)

-Nebezpečným výrobkem je každý výrobek, který nevyhovuje požadavkům na bezpečný výrobek.

-Bezpečný výrobek uváděný na trh (do provozu) musí být opatřen průvodní dokumentací a označen způsobem i v rozsahu stanovení zvláštními právními předpisy.

-Bezpečný výrobek nesmí ohrožovat život, zdraví nebo majetek.

Orgány dozoru (př. ČOI, SÚIP, SÚJB, ČBÚ, DÚ, LÚ aj.) dané země (státu) jsou povinny provádět kontroly vlastností výrobků z hlediska bezpečnosti jejich provozu dle zvláštních právních předpisů.

Stanovenými výrobky k posuzování shody technických požadavků kladených na jejich bezpečnost jsou ty výrobky, které představují zvýšenou míru ohrožení oprávněného zájmu (života, zdraví, majetku).

2.3.2. Tlaková zařízení [8]

Současná koncepce bezpečnosti tlakových zařízení vychází z přejatých směrnic EU v oboru tlakových zařízení. Kromě dalších směrnic a předpisů, které se týkají speciálních typů tlakových zařízení (např. dálková potrubí, jaderná zařízení, námořní a letecká přeprava apod.), jsou rozhodujícími předpisy pro tlaková zařízení v EU:

-PED – Pressure Equipment Directive – 97/23/EC, v ČR NV č. 26/2003 Sb. v platném znění, platné pro většinu tlakových zařízení jako jsou tlakové nádoby, potrubí, vodotrubné a parní kotle, armatury a přírubové spoje tlakových zařízení.

-87/404/EEC, v ČR NV č.26/2003 Sb. platné pro jednoduché tlakové nádoby.

Pro splnění požadavků těchto předpisů slouží soustava harmonizovaných norem EN. Ke směrnici PED je základní přidruženou normou norma EN 764 v jejíž 1. a 2. části jsou obsaženy definice základních veličin a systém používaných označení a jednotek. Z této normy potom vycházejí ostatní EN na konstruování, výrobu a zkoušení jednotlivých typů tlakových zařízení.

2.3.3. Svařování [9]

Svařování je tepelné spojování, drážkování a tepelné dělení kovových i nekovových materiálů, pokud jsou prováděny otevřeným plamenem, elektrickým obloukem, plazmou, elektrickým odporem, laserem, třením, aluminotermickým svařováním včetně používání elektrických pájek a benzínových pájecích lamp. Svařování patří mezi tzv. zvláštní procesy.

Rizika při svařování:

Základní riziko

- riziko, které může vést ke vzniku nebo šíření požáru nebo výbuchu s následným požárem na základě účinků tepla (teplota plamene nebo elektrického oblouku, rozstřík žhavých částic kovu nebo strusky, vytečení žhavé hmoty z řezné spáry, tepelné záření, vysoká teplota svařovaných materiálů, nebo plyných zplodin svařování).

Specifické riziko

- riziko svářečského pracoviště z hlediska vzniku nebo šíření požáru nebo výbuchu s následujícím požárem, které není zcela zřetelné osobám s odbornou způsobilostí pro svařování (např. hořlavá izolace pod materiálem, skrytá potrubí vedoucí hořlavé nebo hořící podporující látky, hořlavý podklad krytý nátěrem nebo tepelně neizolujícím materiálem).

2.4. Seznámení s požadavky na provoz [10]

1. Provoz zařízení na zásobování plynem musí probíhat podle provozního řádu.
2. Provozní řád (u menších zařízení návod k obsluze) vypracovává výrobce zařízení, která je součástí zákaznické dokumentace.

3. Součástí zákaznické dokumentace od výrobce je analýza rizik provozu zařízení (seznam nebezpečí).
4. Majitel (provozovatel) zařízení na základě dokumentace dodané k zařízení, zejména z provozního řádu a kritéria rizik (předchozí body 2 a 3) vypracuje místní provozní řád.
5. Provozní místní řád musí obsahovat nebo tvořit přílohu tohoto řádu, která musí obsahovat periodické kontroly zařízení, prohlídky, výměny částí.
6. U zařízení s vyššími parametry je nutné vést provozní deník, ve kterém se vedou přesné záznamy o provozovaném zařízení, periodických kontrolách, opravách, výměnách. Tento je pomůckou pro určení životnosti provozovaného zařízení.
7. U zařízení pracujících při teplotách se sleduje a provádí se kontrola deformací podle požadavků stanovených provozním řádem, kritérií rizik
 - u uhlíkatých ocelí pracujících do 400°C
 - u chrommolybdenových ocelí pracujících při teplotách 500°C
 - u austenitických ocelí pracujících při teplotách 550°C a vyšších
8. Minimální kontrola provozovaných zařízení , pokud provozní podmínky nestanoví jinak,obsahuje:
 - kontrolu svarových spojů
 - kontrolu přírubových spojů
 - kontrolu armatur
9. Termíny vizuálních, periodických kontrol je minimálně 1x za 3 měsíce, pokud není v provozních podmínkách stanoveno jinak.
10. Osoba odpovědná za provoz a údržbu musí být odborně školená a na odpovídající úrovni.
11. Údržbářské, rekonstrukční práce na zařízení mohou být prováděny jen samostatným provozovatelem nebo za dohledu osob pověřených provozovatelem.

3.Systém managementu kvality a výroby v plynárenství

3.1. Systém managementu jakosti ISO 9001/2000 [11]

Vychází z principu spokojeného zákazníka, kterým je nejen uživatel produktu, ale také společnost ČR, vlastní zaměstnanci a blízké okolí firmy. Charakteristika systému je založena na rozpoznání procesů, jejichž řízení a dokladování vstupů a výstupů, které jsou nezbytně nutné. Management má odpovědnost za veškeré procesy firmy, které řídí plánovitým způsobem. Management si určí vizi podnikání a politiku firmy, ze kterých si odvodí hlavní cíle jakosti. Vytvoří příručku jakosti a navazující směrnice, řídí zdroje firmy, jako je řízení personálu, se kterým musí mít vytvořené komunikační toky, řízení toku materiálu, financí, energií a informací. Je odpovědný za přípravu výroby na základě sjednané smlouvy se zákazníkem, a je také odpovědný za splnění legislativních požadavků, technických požadavků, za řízení logistiky ve firmě, řízení vlastní výroby efektivně a účinně , za její kontrolu a monitorování, a za hledání cest ke zlepšování a toto zlepšování má prokazatelně zabezpečit. Management dále má odpovědnost za sledování spokojenosti zákazníka a jeho podněty zpracovávat do svých procesů, a musí jednou za rok přezkoumat celý systém managementu jakosti z hlediska jeho vhodnosti k zaměření firmy s využitím nástroje interního auditu.

Celkový přehled o požadavcích na jakost pro činnosti související s procesem svařování je uveden v příloze 1

3.2. Specifické požadavky pro zařízení – kategorií požadované jakosti (ČSN EN 12732) [10]

tab. 1 Specifické požadavky pro zařízení [10]:

Kategorie	Oblast použití
A	≤ 100 mbarů materiál: potrubí skupina 1 podle ČSN EN ISO 15614-1, $R_{t05} \leq 360\text{N/mm}^2$ Použití: rozvodná potrubí v zařízeních pro rozvod plynu, domovní přípojky
B	>100 mbarů ≤ 5 barů materiál: potrubí skupina 1 podle ČSN EN ISO 15614-1, $R_{t05} \leq 360\text{N/mm}^2$ Použití: rozvodná potrubí v zařízeních pro rozvod plynu, domovní přípojky, potrubí ve stanicích
C	>5 barů ≤ 16 barů materiál: potrubí skupina 1 podle ČSN EN ISO 15614-1, $R_{t05} \leq 360\text{N/mm}^2$ Použití: plynovody, vč. potrubí ve stanicích a v zařízení na rozvod plynu
D	>16 barů ^{x)} materiál: potrubí skupina 1 až 3 podle ČSN EN ISO 15614-1 Použití: plynovody, vč. potrubí ve stanicích a v zařízení na přepravu plynu

R_{t05} minimální mez kluzu, ^{x)} Plynovody, které mají obvodové napětí při výpočtovém tlaku do 30% minimální smluvní meze kluzu a jsou provozovány při tlaku do 24 barů mohou být zařazeny do kategorie požadované jakosti C

3.3. Pro činnosti souvisejícím s procesem svařování je požadovaná jakost určena:

tab. 2 požadovaná jakost [10]:

Kategorie požadované jakosti	A	B	C	D
Požadavky ČSN EN ISO 3834-1 a ČSN EN ISO 3834-2	+	+	*	*
ČSN EN ISO 3834-1 a ČSN EN ISO 3834-3	+	+	*	*
ČSN EN ISO 3834-1 a ČSN EN ISO 3834-4	*	*	-	-
ČSN EN ISO 15611-1 zkouška postupu svařování	+	+	-	-
ČSN EN ISO 15610 použití schválených před. Materiálů	*	*	-	-
ČSN EN ISO 15611 předchozí zkušenosti	*	-	-	-
ČSN EN ISO 15612 normalizovaný postup svařování	+	+	*	*
ČSN EN ISO 15613 předvýrobní zkouška svařování	+	*	*	*
ČSN EN 288-9 zkouška postupu svařování na stavbách	+	+	+	*

* doporučuje se + možné - nedoporučuje se

3.4. Doporučené požadavky na jakost

tab. 3 Doporučené požadavky na jakost [10]:

Kategorie požadované jakosti ►	A	B	C	D
Požadavek ▼				
Svářeči / operátoři	ČSN EN 287-1 / ČSN EN 1418			
Svářečský dozor (doporučuje se dle ČSN EN 12732)	Svářečský mistr s víceletou odbornou zkušeností	Svářečský specialista ČSN EN 719	Svářečský technolog ČSN EN 719	Svářečský inženýr ČSN EN 719
Dokumenty kontroly, přídatný materiál	do 5 barů - Inspekční certifikát (atest) 2.2 dle ČSN EN 10204:2005 nad 5 barů - Inspekční certifikát (atest) 3.1 dle ČSN EN 10204:2005			
Dokumenty kontroly, základní materiál	Zkušební zpráva (atest) 2.2 dle ČSN EN 10204:2005			
Postupy svařování	ČSN EN ISO 15609-1 (metoda 111), ČSN EN ISO 15609-2 (metoda 311)			
Ověření postupů svařování	ČSN EN ISO 15614-1			
Kontrolní personál (vizuální kontrola)	Osvědčení o kvalifikaci pro vizuální kontrolu dle ČSN EN 970			
Zkušební personál	Certifikát 2 st. dle ČSN EN 473 nebo uznání provozovatelem pro příslušnou metodu			
Zabezpečení jakosti při svařování	ČSN EN ISO 3834-4 ¹⁾	ČSN EN ISO 3834-2 ¹⁾	ČSN EN ISO 3834-2 ¹⁾	ČSN EN ISO 3834-2 ¹⁾
Kvalita provedení svaru	Příloha G-tabulka G1, příloha E – ČSN EN 12732 (stupeň jakosti C dle ČSN EN ISO 5817 – příloha E ČSN EN 12732 Stupeň jakosti D +odchylky dle tab.G1 ČSN EN 12732	Příloha G-tabulka G1, příloha E – ČSN EN 12732 (stupeň jakosti C dle ČSN EN ISO 5817 – příloha E ČSN EN 12732 Stupeň jakosti C +odchylky dle tab.G1 ČSN EN 12732	Příloha G-tabulka G1, příloha E – ČSN EN 12732 (stupeň jakosti B dle ČSN EN ISO 5817 – příloha E ČSN EN 12732 +odchylky dle tab.G1 ČSN EN 12732	Příloha G-tabulka G1, příloha E – ČSN EN 12732 (stupeň jakosti B dle ČSN EN ISO 5817 – příloha E ČSN EN 12732 +odchylky dle tab.G1 ČSN EN 12732

¹⁾ Doporučení dle ČSN EN 12732 (vyšší úroveň je možná)

3.5. Prokazování jakosti (kvality) výrobků [12]

Jakost je verifikována souhrnem odzkoušených předepsaných vlastností, ověřením spolehlivé funkce a bezpečnosti i predikcí životnosti daného výrobku.

Jakost každého výrobku je určena souhrnem požadavků projektové, konstrukční, technologické, výrobní, kontrolní, zkušební a provozní dokumentace, eventuálně servisní dokumentace.

Jakost výrobků je tedy ověřována na základě splnění základních bezpečnostně – technických požadavků na daný výrobek.

Pro každý výrobek musí být stanovena kritéria rizik, která určují bezpečnostní rámec pro spolehlivý a bezpečný provoz výrobku, uváděného na trh a do provozu dle zák. č. 22/1997 Sb. ve znění pozdějších předpisů, příslušných nařízení vlády (NV) – technických předpisů, evropských předpisů (směrnic ES, EHS, EC, ...), harmonizovaných technických norem, určených výrobních norem (EN, EN ISO) i národních technických norem (např. ČSN, DIN, BS, AFNOR, ASME, ...)

Vzor pro plán výroby – plán jakosti je uveden v příloze 3.

Každá technická dokumentace musí obsahovat pro splnění požadavků jakosti:

- projektovou specifikaci* + výpočtovou i technickou zprávu
- konstrukční specifikaci* + výpočtovou i technickou zprávu
- výrobní dokumentaci* – výrobní detaily, výrobní postupy, návody operací
- technologickou dokumentaci* – ověřené technologické postupy a kvalifikované postupy – zvláštních technologických procesů (tváření, odlévání, svařování, tepelného zpracování, povrchové úpravy)
- kontrolní dokumentaci* – plán kontrol, protokoly
- zkušební dokumentaci* – plán zkoušek, protokoly
- řezný plán* – dělení materiálu na jednotlivé dílce
- svařovací plán* – postup provádění jednotlivých svarových spojů (posloupnost provádění spojů)
- rovnací plán* – postup provádění jednotlivých vyrobených dílců (mechanicky, tepelně) do předepsaných tolerancí
- montážní plán* – postup montáže a postup montážní kontroly a zkoušení
- kontrola a zkoušení po montáži* – plán kontrol a zkoušení, protokoly
- provozní dokumentace* – návody na provoz, údržbu a opravu výrobku (podmínky bezpečného a spolehlivého provozu s předpisem předpokládané životnosti, eventuálně podmínky prodloužené životnosti výrobku)
- servisní dokumentace* – podmínky výměny jednotlivých dílců výrobku, periodické prohlídky, revize i diagnostika provozovaného výrobku, s určením podmínek dalšího bezpečného provozu

4. Požadavky na dokumentaci

4.1. Projektová a konstrukční dokumentace [10]

-V projektové a konstrukční dokumentaci musí být uvedeny všechny údaje a technické požadavky pro zajištění bezpečného výrobku

-Výsledkem projektování plynovodu musí být bezpečné zařízení pro přepravu plynu

-Při navrhování se musí uvážit všechna technická hlediska společně s hledisky bezpečnostními a životního prostředí

-Základní podklady pro navrhování obsahují:

- třidu plynu
- předpokládaný odběr
- nejvyšší dovolený tlak
- použitý materiál
- stávající zařízení pro zásobování plynem
- nutnost regulace tlaku
- provozní vedení některých úseků plynovodu

-Projektová dokumentace musí být prováděna v souladu se stavebním zákonem 50/1976

-Plynovody v budovách musí být v souladu s ČSN EN 1775

-Měřicí stanice musí splňovat požadavky ČSN EN 1776

-Potrubí

- stanovení tloušťky stěny
- namáhání
- dodatečné konstrukční požadavky
- výpočtová napětí
- výpočty mezních stavů musí splňovat požadavky ČSN EN 1594

-Po zpracování projektu musí být vypracována

- technická zpráva
- výkresová dokumentace
- údaje o součástech plynovodu (rozpiska – kusovník)
 - vnější/vnitřní průměr a tloušťka stěny
 - tolerance údaje o tvarovkách a součástech
 - údaje o podpěrách – ovlivňující síly a momenty
 - izolace
- údaje o stavbách
 - poloměry potrubí
 - zkušební tlak a zkušební medium
 - teplota během montáže

Údaje uváděné na výkresu – v dokumentaci svařence je uveden v příloze 4

4.2. Technologická dokumentace

Technologická dokumentace je soubor dokumentů, které obsahují:

- technologické předpisy výroby
- výkresy přípravků apod.

4.3. Výrobní dokumentace [13]

Výkres s uvedenými údaji je součástí dokumentace, která ještě obsahuje následující dokumenty, které je potřeba pro provádění kontroly svařování a svářečského dozoru.

Materiál

-je stanoven výkresem s hodnotami, s kterými se počítá. Nelze proto materiály bez schválení konstruktéra a změněné dokumentace (výkresu) měnit. Materiály uváděné některými srovnávacími tabulkami jsou nezávazné. Při řezání materiálu je nutno před dělením přenést značky jakosti – identifikace materiálů. Přenášení značek musí provádět oprávněná osoba.

Dokumenty kontroly materiálu

-jsou stanoveny v dokumentaci výrobku v souladu s ČSN EN 10 204. Novelizací této normy ze srpna 2004 se mění:

inspekční certifikát 3.1 nahradí inspekční certifikát 3.1 B

inspekční certifikát 3.2 nahradí inspekční certifikáty 3.1 A a 3.1 C a

protokol o přejímce 3.2

Svařovací plán (vzor svařovacího plánu uveden v příloze 5)

-požadavky norem, zejména DIN požadují samostatný svařovací plán, který uvádí údaje o svařování

- základní materiál
- přídavný materiál
- metody svařování – parametry
- tepelné zpracování po svařování
- zkoušení svarových spojů
- specifikace WPS pro jednotlivé svary

Plán nedestruktivních zkoušek

-vyžadují ASME normy i normy EN.

Plán zkoušek (vzor pro plán kontrol a zkoušek uveden v příloze 6)

-je souhrnný požadavek na zkoušení výrobku, kde mimo požadavků, zkoušení, jsou i požadavky na celkové zkoušení, to je tlakovou zkoušku, mechanické zkoušky, kontrolu protokolů zkoušek, závěrečnou zkoušku.

Technologické postupy

-tváření, tepelného zpracování, dílenské sestavování, montážní postupy, jsou součástí technické dokumentace pro výrobu, sestavování, montáž .

Vzor výrobního postupu uveden v příloze 7

4.4. Kontrola a zkoušení [10]

Dokumentace obsahuje:

- zkušební certifikáty
- schválené WPS (WPQR)
- osvědčení svářečů
- osvědčení dozoru svařování
- osvědčení personálu NDT
- pracovní zkoušky (pokud stanoví výrobní dokumentace)
- kontrola protokolu a tlakových zkoušek

4.5. Montáž na staveništi [10]

4.5.1. Požadavky na dokumentaci pro zásobování plynem s MOP do 16 barů:

- osvědčení materiálu (pro kategorii C)
- WPS
- WPQR
- potrubní deník (pro kategorii C)
- protokoly NDT zkoušení
- skutečné provedení trasy

4.5.2. Požadavky na dokumentaci pro zásobování plynem s MOP nad 16 barů:

- požadavky odpovědných orgánů
- stavební povolení
- smluvní podmínky
- plánovací a stavební dokumentaci
- plánování nebo průkazy způsobilosti subdodavatele
- kvalifikace svářečského personálu
- kvalifikace zkušební personálu
- potvrzení o vhodnosti postupu svařování podle norem řady ČSN EN ISO 156XX
- osvědčení a certifikáty pro polotovary a díly
- protokoly o tepelném zpracování
- protokoly o zkouškách
- protokoly o specifických podmínkách na stavbě

4.6. Průvodní technická dokumentace [10]

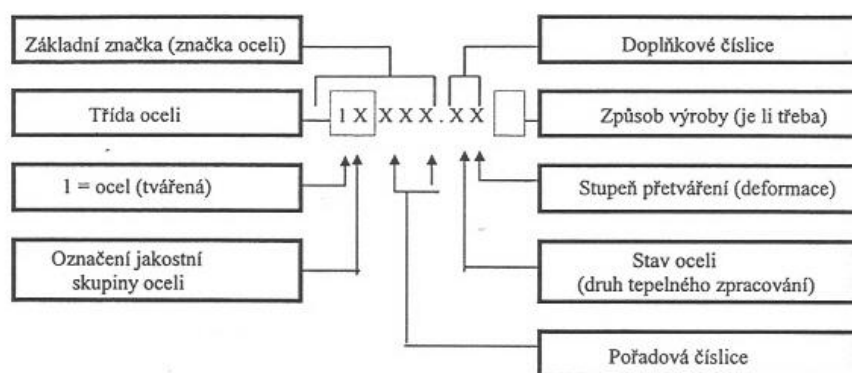
Průvodní technická dokumentace skutečného provedení vychází z projektové a konstrukční dokumentace zařízení a jsou v ní doplněny úpravy a korekce z období předmontáže a montáže na staveništi. Tato dokumentace je zpracována k provedení první revize a tlakové zkoušce. Dále se udržuje aktuální a doplňuje se při opravách a rekonstrukcích provozovatelem. Rozsah dokladů technické dokumentace závisí na velikosti a složitosti zařízení. Průvodní dokumentace musí být dodána ve skutečném provedení zařízení – poslední platná revize.

Obsah průvodní dokumentace:

- seznam výkresů a zařízení
- posouzení a schválení konstrukce
- seznam platných dodaných dokumentů
- seznam použitých materiálů
- seznam svářečů provádějících svařovací práce zařízení
- seznam schválených postupů WPQR
- zprávy o opravách
- protokol o závěrečné kontrole
- prohlášení o jakosti a kompletnosti
- provozní podmínky (návod k obsluze)
- prohlášení o shodě
- analýza rizik

5. Systém značení ocelí

5.1. Systém značení ocelí k tváření dle ČSN 420002-76 [2]



Základní charakteristiku vyjadřující druh oceli, představuje první dvojčíslí základní značky – tj. třída oceli.

Charakteristiky ocelí třídy 10 až 19 [2] :

Třída oceli	Oceli podle		Stručná charakteristika ocelí
	použití	stupně legování	
10 XXX	konstrukční	nelegované	Oceli s předepsanými hodnotami mechanických vlastností. Chemické složení se zpravidla nepředepisuje.
11 XXX			Oceli s předepsanými hodnotami mechanických vlastností
12 XXX			a s předepsaným obsahem C, P, S, popř. (P+S) a dalších prvků (vesměs vymezen maximální obsah prvků).
13 XXX			Oceli s předepsaným obsahem C, P, S, popř. (P+S) a dalších prvků. (Vymezeno rozmezí obsahu, u nečistot horní hranice). Zaručují se mech. vlastnosti pro určitý rozměr a tepelné zpracování.
14 XXX			Nízkolegované oceli: Mn, Si, (V)
15 XXX			Nízkolegované oceli: Cr (Mn, Si, Al)
16 XXX			Nízkolegované oceli: Mo, Cr)
17 XXX			Nízkolegované oceli a středně legované oceli: Ni (Cr, W, Mo, V)
18 XXX	nástrojové	legované	Středně a vysokolegované oceli cr, Ni, Mn, popř. s dalšími přísadami. Oceli se speciálními vlastnostmi.
19 XXX		nelegované	Oceli s předepsaným obsahem C, Mn, Si, P, S.
		legované	Nízko, středně a vysokolegované oceli

5.2. Systém značení ocelí k tváření dle ČSN EN [2]

Systém označování dle ČSN EN je popsán ve třech základních technických normách:

-ČSN EN 10027-1

Systémy označování ocelí, Část 1: Systém zkrácených označování

-ČSN EN 10027-2

Systémy označování ocelí, Část 2: Systém číselného označování

-ČSN CR 10260

Systémy označování ocelí – Přídavné symboly (nahrazuje tzv. IC 10 z března 1995)

5.2.1. Systém zkráceného označování [2]:

Podle ČSN EN 10027-1 se značky oceli rozdělují do dvou skupin:

Skupina 1- označení ocelí podle jejich použití a mechanických nebo fyzikálních vlastností:

S – oceli pro ocelové konstrukce pro všeobecné použití

P – oceli pro tlakové nádoby

L – oceli pro potrubí

E – oceli na strojní součásti

B – oceli pro výztuž do betonu

-dále následuje číslo, které odpovídá charakteristické mezi kluzu v [N / mm²]

Značení ocelí pro ocelové konstrukce [2]:

Základní symboly					Přídavné symboly pro oceli					Přídavné symboly pro ocelové výrobky																																			
G	S	n	n	n	an...					+an...+an																																			
Základní symboly					Přídavné symboly																																								
Písmeno		Vlastnosti			Pro oceli						Pro ocelové výrobky																																		
					Skupina 1			Skupina 2																																					
G – ocel na odlitky (pokud je vyžadována)		S – oceli pro ocelové konstrukce			<table><tr><td>27J</td><td>40J</td><td>60J</td><td>°C</td></tr><tr><td>JR</td><td>KR</td><td>LR</td><td>+20</td></tr><tr><td>J0</td><td>K0</td><td>L0</td><td>0</td></tr><tr><td>J2</td><td>K2</td><td>L2</td><td>-20</td></tr><tr><td>J3</td><td>K3</td><td>L3</td><td>-30</td></tr><tr><td>J4</td><td>K4</td><td>L4</td><td>-40</td></tr><tr><td>J5</td><td>K5</td><td>L5</td><td>-50</td></tr><tr><td>J6</td><td>K6</td><td>L6</td><td>-60</td></tr></table>			27J	40J	60J	°C	JR	KR	LR	+20	J0	K0	L0	0	J2	K2	L2	-20	J3	K3	L3	-30	J4	K4	L4	-40	J5	K5	L5	-50	J6	K6	L6	-60	C = se zvláštní svařitelností za studena D = pro žárové pokovování E = pro smaltování F = pro kování H = duté profily L = pro nízké teploty M = termomechanicky válcováno N = normalizačně žíháno nebo normalizačně válcováno Q = zušlechtěno S = pro stavbu plavidel T = trubky W = odolné atmosferické korozi an = symboly pro další předepsané prvky, např. Cu, jestliže je to potřebné, uvedou se spolu s číslem, které udává desetinásobek střední hodnoty rozsahu předepsaného pro obsah prvku (zaokrouhleno na 0,1%)					
								27J	40J	60J	°C																																		
								JR	KR	LR	+20																																		
								J0	K0	L0	0																																		
								J2	K2	L2	-20																																		
								J3	K3	L3	-30																																		
								J4	K4	L4	-40																																		
								J5	K5	L5	-50																																		
								J6	K6	L6	-60																																		
								M = termomechanicky válcováno N = normalizačně žíháno nebo normalizačně válcováno Q = zušlechtěno G = jiné charakteristiky, pokud je to potřebné, následuje jedna nebo dvě číslice																																					
nnn = minimální mez kluzu R _e v N/mm ² pro nejmenší tloušťku výrobku																																													

Tabulky 1,2,3

Značení ocelí na potrubí [2] :

Základní symboly			Přídavné symboly pro oceli		Přídavné symboly pro ocelové výrobky
L	n	n n	an...		+an...+an
Základní symboly			Přídavné symboly		
Písmeno	Vlastnosti	Pro oceli		Pro ocelové výrobky	
		Skupina 1	Skupina 2		
L – oceli na potrubí	nnn = minimální mez kluzu R_e v N/mm^2 pro nejmenší tloušťku výrobku	M = termomechanicky válcováno N = normalizačně žhánáno nebo normalizačně válcováno Q = zušlechtěno G = jiné charakteristiky, pokud je to potřebné, následuje jedna nebo dvě číslice	a = třída požadavků, jestliže je to potřebné, následuje jedna číslice	Tabulky 1,2,3	

Značení ocelí pro tlakové nádoby [2] :

Základní symboly			Přídavné symboly pro oceli		Přídavné symboly pro ocelové výrobky
G	P	n n n	an...		+an...+an
Základní symboly			Přídavné symboly		
Písmeno	Vlastnosti	Pro oceli		Pro ocelové výrobky	
		Skupina 1	Skupina 2		
G – ocel na odlitky (pokud je vyžadována) S – oceli pro ocelové konstrukce	nnn = minimální mez kluzu R_e v N/mm^2	M = termomechanicky válcováno N = normalizačně žhánáno nebo normalizačně válcováno Q = zušlechtěno B = láhve na plyny S = jednoduché tlakové nádoby T = trubky G = jiné charakteristiky, pokud je to potřebné, následuje jedna nebo dvě číslice	H = vysoké teploty L = pro nízké teploty R = normální teploty X = vysoké a nízké teploty	Tabulky 1,2,3	

Skupina 2- označení ocelí podle jejich chemického složení:

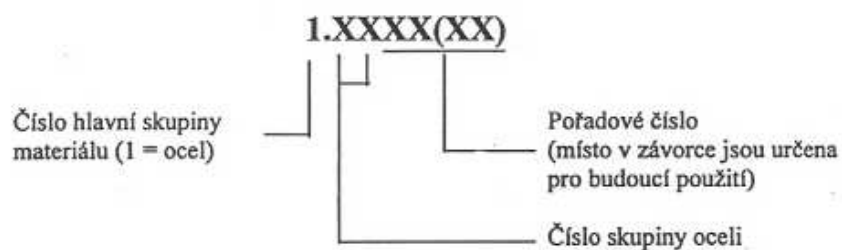
Tyto oceli jsou rozděleny do čtyř podskupin:

- Nelegované oceli se středním obsahem Mn pod 1 %
- Nelegované oceli se středním obsahem Mn ≥ 1 % , nelegované automatové oceli a legované oceli s obsahy jednotlivých legujících prvků pod 5 %
- Legované oceli s obsahem minimálně jednoho legujícího prvku ≥ 5 %
- Rychlořezné oceli

5.2.2. Systém číselného označování:

Tento systém značení je předmětem ČSN EN 10027-2

Číslo oceli se tvoří následovně [2]:



5.3. Rozdělení materiálů pro svařování [3]

Základní materiály pro svařování, které jsou použity pro zkoušky svarových spojů a postupů svařování, jsou navíc rozděleny v evropských svářečských normách do skupin se společnými vlastnostmi z hlediska svařitelnosti.

Skupiny a podskupiny základního materiálu dle ČSN 050323 (resp. CR ISO 15608) [15] :

Skupiny	Druh ocelí	Příklady dle ČSN a dle ČSN EN
1	Oceli s minimální mezí kluzu $ReH \leq 460 \text{ N/mm}^2$ a obsahem prvku v %: $C \leq 0,25$ $Si \leq 0,60$ $Mn \leq 1,70$ $Mo \leq 0,70$ (b) $S \leq 0,045$ $P \leq 0,045$ $Cu \leq 0,040$ (b) $Ni \leq 0,5$ (b) $Cr \leq 0,3$ (0,4odl.) (b) $Nb \leq 0,05$ $V \leq 0,12$ $Ti \leq 0,05$	10 004, 10216, 10370, 11 320, 11330, 11 343, 11 353, 11 364, 11 373, 11 375, 11 378, 11 416, 11 418, 11 443, 11 448, 12020, 12021, 15020, P275N, S275M L245NB, 42 2643, 42 2713
1.1	Oceli se zaručenou mezí kluzu $ReH \leq 275 \text{ N/mm}^2$	10 425, 11 481, 11 483, 11 503, 11 523, 11 419, 12020, 13 030, P355N, S355M, L290GH, L360NB, 422712, 422714,
1.2	Oceli se zaručenou mezí kluzu $275 \text{ N/mm}^2 < ReH \leq 360 \text{ N/mm}^2$	13220, 13 221, P460N, S420N, S420N S460NL, L415NB, S390GP, S430GP
1.3	Normalizované jemnozrnné oceli se zaručenou mezí kluzu $ReH > 360 \text{ N/mm}^2$	15 117, 15 127, 15 217, S235J2P, S355JOWP, S355J2G2W, S355K2GIW
1.4	Oceli se zvýšenou odolností k atmosférické korozi	P420, 460 M, ML1, ML2 S420, 460 M, ML, MC, L415 MB, L450MB, S420, 460MH, MLH, P420NH, S550MC, S600MC, S650MC, S700MC, L485MB, L555MB
2	Termomechanicky zpracované jemnozrnné oceli a lité oceli se zaručenou mezí kluzu $ReH > 360 \text{ N/mm}^2$	
2.1	TMZ jemnozrnné oceli a lité oceli - $360 \text{ N/mm}^2 < ReH \leq 460 \text{ N/mm}^2$	
2.2	TMZ jemnozrnné oceli a lité oceli se zaručenou mezí kluzu $ReH > 460 \text{ N/mm}^2$	
3	Zušlechťené a precipitačně vytvrzované oceli kromě korozivzdorných ocelí, se zaručenou mezí kluzu $ReH > 360 \text{ N/mm}^2$	
3.1	Zušlechťené oceli a lité oceli - mez kluzu $360 \text{ N/mm}^2 < ReH \leq 690 \text{ N/mm}^2$	16 224, 16 720, S 460 Q, S 500QL1 S690 Q, QL, QL1, S 890 Q, QL, QL1 S 960 Q, QL, P460 až 690 Q, QL, QL1 L415 až 550 QB, G20Mo5
3.2	Zušlechťené oceli a lité oceli se zaručenou mezí kluzu $ReH > 690 \text{ N/mm}^2$	
3.3	Precipitačně vytvrzované oceli kromě korozivzdorných ocelí	S500A, S550AL, S620A, 690AL
4	Oceli s nízkým obsahem V, legované Cr-Mo-(Ni)s $Mo \leq 0,70\%$ a $V \leq 0,1\%$	
4.1	Oceli s $Cr \leq 0,3\%$ a $Ni \leq 0,7\%$	16537
4.2	Oceli s $Cr \leq 0,7\%$ a $Ni \leq 1,5\%$	
5	Cr-Mo oceli bez vanadu s $C \leq 0,35\%$ (c)	
5.1	Oceli s $0,75\% \leq Cr \leq 1,5\%$ a $Mo \leq 0,7\%$	15 121, 15 130, 15 131, 15222, 15223, 15313, 15412, 15421, 15422, 17102, 17116, 422745, 422771, 11CrMo9-10, 12CrMo9-10, XII CrMo9-1, X16CrMo5-1, G17CrMo5-5,
5.2	Oceli s $1,5\% < Cr \leq 3,5\%$ a $0,7\% < Mo \leq 1,2\%$	
5.3	Oceli s $3,5\% < Cr \leq 7,0\%$ a $0,4\% < Mo \leq 0,7\%$	
5.4	Oceli s $7,0\% < Cr \leq 10,0\%$ a $0,7\% < Mo \leq 1,2\%$	
6	Oceli s vysokým obsahem vanadu, legované Cr-Mo-(Ni)	
6.1	Oceli s $0,3\% \leq Cr \leq 0,75\%$, $Mo \leq 0,7\%$ a $V \leq 0,35\%$	15 112, 15 128, 15320, 15323, 15423, 17117, 17134, 422745, 422916, G12MoCrV5-2 X10CrMoVNb9-1, X20CrMoV11-1 GX23CrMoV12-1
6.2	Oceli s $0,75\% < Cr \leq 3,5\%$, $0,7\% < Mo \leq 1,2\%$ a $V \leq 0,35\%$	
6.3	Oceli s $3,5\% < Cr \leq 7,0\%$, $Mo \leq 0,7\%$ a $0,45\% \leq V \leq 0,55\%$	
6.4	Oceli s $7,0\% < Cr \leq 12,5\%$, $0,7\% < Mo \leq 1,2\%$ a $V \leq 0,35\%$	
7	Feritické, martenzitické a precipitačně vytvrzované korozivzdorné oceli s $C \leq 0,35\%$ a $10,5\% \leq Cr \leq 30,0\%$	
7.1	Feritické korozivzdorné oceli	17020, 17021, 17022, 17023, 17024, 17040, 17041, 17 125, 17 134, 17 153, 422904, 422906, 422917, X2CrNi12, X2CrTi17, X3CrTi17, X6CrMo17-1 X2CrTiNb18, 12CrS13, GX4CrNi13-4
7.2	Martenzitické korozivzdorné oceli	
7.3	Feritické, martenzitické a precipitačně vytvrzované korozivzdorné oceli	
8	Austenitické korozivzdorné oceli	
8.1	Austenitické korozivzdorné oceli s $Cr \leq 19\%$	17240, 17241, 17246, 17247, 17248, 17251, 17255, 17346, 17348, 17350, 17 352, 17 460, 42 2930, 42 2940, X6CrNiNb18-10, X2CrNiMo17-12-3, X1CrNi25-21, X12CrMnNi18-9-5
8.2	Austenitické korozivzdorné oceli $Cr > 19\%$	
8.3	Manganové austenitické korozivzdorné oceli s $4,0\% < Mn \leq 12,0\%$	
9	Oceli legované niklem s $Ni \leq 10,0\%$	
9.1	Oceli legované niklem s $Ni \leq 3,0\%$	16220, 16222, 16 310, 16320, 16420, 11MnNi5-3, 15NiMn6, G9Ni10,
9.2	Oceli legované niklem s $3,0\% < Ni \leq 8,0\%$	16523, 12Ni14, X12Ni5, G9Ni14
9.3	Oceli legované niklem s $8,0\% < Ni \leq 10,0\%$	X8Ni9, X7Ni9
10	Austenitickoferitické korozivzdorné oceli (duplexní)	
10.1	Austenitickoferitické korozivzdorné oceli $Cr \leq 24,0\%$	17254, 17351, X2CrNiN23-4 GX2CrNiMoN22-5-3, X3CrNiMoN27-5-2, X2CrNiMoCuN25-6-3
10.2	Austenitickoferitické korozivzdorné oceli $Cr > 24\%$	
11	Oceli zahrnuté do skupiny 1 (d) s obsahem $0,25\% < C \leq 0,5\%$	
11.1	Oceli skupiny 11 s $0,25\% < C \leq 0,35\%$	1 550, 12 030, 12 031, 12 040, 12 041, 12 042, 12050,
11.2	Oceli skupiny 11 s $0,35\% < C \leq 0,5\%$	

6. Metalurgie svařování

6.1. Volba základních a přídatných materiálů

6.1.1. Základní materiály [3]

Pro svařované konstrukce a tlaková zařízení jsou podle účelu používány různé základní materiály, např. ocel, hliník a hliníkové slitiny, měď a její slitiny, slitiny niklu apod.

U svařovaných konstrukcí a tlakových zařízení se nejvíce vyskytují ocelové základní materiály.

Konstruktor musí volit materiál s ohledem na úroveň zatížení, počet změn zatížení, rychlost zatěžování, vliv prostředí a teplotu, při níž se zatížení uskuteční. Jejich vliv musí být uvažován současně. Případně musí být přijata opatření, která vyloučí některý z vlivů, např., že teplota materiálu neklesne pod limitní hodnotu (u tlakových nádob zejména při tlakové zkoušce).

Základní materiály pro potrubí k zásobování plynem [14]:

Materiály dle ČSN norem:

-plechy, profily, ploché výrobky

Plechy:

11373.1 , 11375.1

Technické dodací podmínky dle ČSN 420109

Výkovky:

11373.1 , 11375.1

Technické dodací podmínky dle ČSN 420276

-trubky

11353.1 , 11378.1 , 11639.1 , 11419.1 , 11523.1 , 12021.1 , 12022.1 ,

15020.1 , 15110.5 , 15121.5 , 15128.5 , 15313.5 ,

17380.4 , 17420.4 , 17246.4 , 17228.4 , 17102.4 , 17341.4 , 17481.4 , 17483.4

Technické dodací podmínky dle ČSN 420250, ČSN 420251

-výkovky

11375.1 , 11639.1 , 11419.1 , 11416.1 , 11418.1 , 12010.1 , 12020.1 ,

15020.1 , 15121.5 , 15128.5 , 15313.5 ,

17360.4 , 17248.4 , 17246.4 , 17483.4 , 17247.4 , 17385.4

Materiály dle EN norem:

-plechy, profily, ploché výrobky

S185 , S235JR , S235JO , S235J2 ,
S275JR , S275JO , S275J2 , S275JRG2 ,
S355JR , S355JO , S355J2 , S355K2
Technické dodací podmínky – ČSN EN10025

-trubky

L210 , L245 , L290 , L360 , L415 , L450 , L486 , L555
Technické dodací podmínky – ČSN EN 10208-1;2

-výkovky,tvarovky

P265GH , P245GH , P280GH , P305GH , 16Mo3 , 13CrMo45 , 10CrMo910 ,
XCrNi1810 , X5CrNi1810 , X6CrNiMoTi1710
Technické dodací podmínky ČSN EN 10221 , ČSN EN 1022-1;2

tab.4 Přehled ocelí pro trubky a jejich vlastnosti [10]

Norma	Označení/ značka oceli dle normy	R_{emin}	R_{mmin}	R_e/R	Tažnost [%]		KV 10 min [J]		T [°C]	DWTT [%] PHL	T [°C]
					příčná	podélná	příčná	podélná			
ČSN EN 10208-1	L210GA	210	335 – 475		27	25					
	L235GA	235	370 – 510		25	23					
	L245GA	245	415 – 555		24	22					
	L290GA	290	415 – 555		23	21					
	L360GA	360	460 – 620		22	20					
ČSN EN 10208-2	L245NB/MB	245 – 440	415	0,8	24	22	60(45)		0		
	L290NB/MB	290 – 440	415	0,85	23	21	61(45)		0		
	L360NB/MB/ QB	360 – 510	460	0,85	22	20	62(45)		0		
	L415NB/MB/ QB	415 – 565	520	0,85	20	18	63(45)		0	85	0
	L450MB/QB	450 – 570	535	0,87	20	18	62(47)		0	85	0
	L485MB/QB	485 – 605	570	0,9	20	18	83(62)		0	85	0
ČSN EN 10217-1	P195TR1	195	320 – 440		27	25					
	P195TR2	195	320 – 440		27	25	40(28)	27(19)	0		
	P235TR1	235	360 – 500		25	23					
	P235TR2	235	360 – 500		25	23	40(28)	27(19)	0		
	P265TR1	265	410 / 570		21	19					
	P265TR2	265	410 – 570		21	19	40(28)	27(19)	0		

6.1.2. Přídavné materiály pro potrubí k zásobování plynem [3, 10]

Přídavné materiály pro svařování musí vyhovovat svými mechanickými , metalurgickými, korozními a operativními vlastnostmi požadavkům na kvalitní svarový spoj strojní součásti, ocelové konstrukce nebo tlakového zařízení.

Volba přídavných materiálů se řídí:

- použitým základním materiálem
- zvolenou metodou svařování
- schválenou specifikací postupu svařování WPS
- požadovaným stupněm jakosti
- konstrukčním uspořádáním svarku
- technickým vybavením a možnostmi výrobního podniku
- kvalifikací svářečů

Požadavky na přídavné materiály:

tab.4 Přehled ocelí pro trubky a jejich vlastnosti [10]

Druh oceli dle ČSN EN 10208-1 a 2				Požadavky na přídavné materiály podle ČSN EN 440/EN 499		
Označení	R _{10,5} [N/mm ²]	R _m [N/mm ²]	Označení	R _{10,5} neboR _{p0,2} [N/mm ²]	R _m [N/mm ²]	KV [J]
L210	210	335-475	E 35	355	440-570	47/32
L245	245-440	415	E 35	355	440-570	47/32
L290	290-440	415	E 35	355	440-570	47/32
L360	360-510	460	E 42	420	500-640	47/32
L415	415-565	520	E 46	460	530-680	47/32
L450	450-570	535	E 46	460	530-680	47/32
L485	485-605	570	E 50	500	560-720	47/32
L555	555-675	625	E 55 E 62	550 620	610-780 690-890	47/32

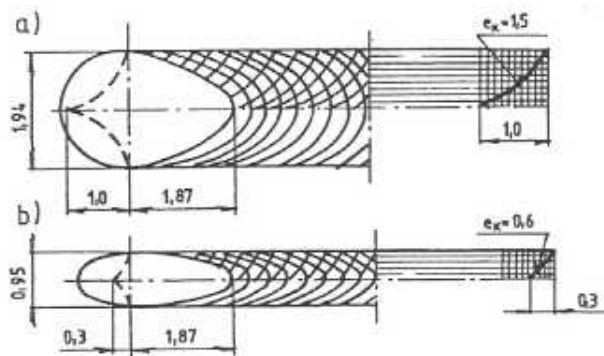
6.2. Vznik a tvorba svaru [2]

6.2.1. Svarový kov

Svarový kov vzniká tavením základního a přídavného materiálu. Proces vzniku je turbulentní. Podíl nataveného základního materiálu nazýváme zředění. Při svařování kořenové části svarového spoje je zředění vyšší než při svařování výplňové části. Při ručním obloukovém svařování je stupeň zředění od 10 – 40 %, při svařování autematem pod tavidlem až 80% a při elektrostruskovém svařování až 90%. Při některých technologiích svařování je svarový kov tvořen pouze nataveným základním materiálem (svařování el. odporem, svařování elektronovým paprskem).

Velikost a tvar svarové lázně (objem) je přímo úměrný měrnému příkonu svařování, přičemž geometrické faktory, tj. šířka a hloubka jsou nejvýrazněji

ovlivňovány intenzitou svařovacího proudu (hloubka) a svařovacím napětím (šířka). Poměr šířky k hloubce svarového kovu označujeme jako koeficient tvaru svaru ψ . Tvar svarové lázně ovlivňuje zejména rychlost svařování.

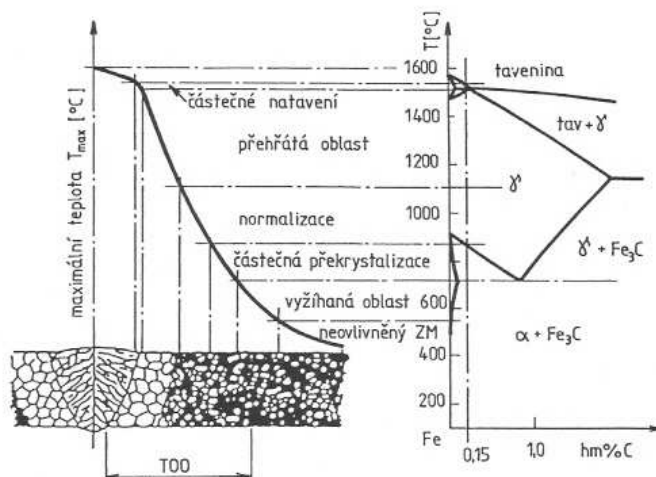


obr. 1. Tvar svarové lázně a směr růstu dendritů [2]

- a) při malé rychlosti svařování
- b) při velké rychlosti svařování

6.2.2. Teplem ovlivněná oblast (TOO)

Teplem ovlivněnou oblastí (TOO) nazýváme oblast svarového spoje, ve které dojde ke změně mikrostruktury v důsledku působení zdroje tepla od svařování. V případě svařování kovů a slitin bez polymorfni přeměny (Cu, Al, Ni) nedochází ke změně mikrostruktury a probíhají pouze substrukturní změny, rekrytalizace, růst zrn. V kovech a slitinách s polymorfni přeměnou (oceli) dochází v TOO k výrazným strukturním změnám, které mají vliv na vlastnosti svarových spojů. Při svařování nelegovaných, případně legovaných ocelí a polymorfni přeměnou $\alpha \rightarrow \gamma \rightarrow \alpha$, můžeme teplem ovlivněnou oblast rozdělit na charakteristická pásma:



obr.2. Vliv teplotního účinku svařování na strukturu svarového spoje [2]

1. Oblast částečného natavení tvoří přechod z TOO do svarového kovu. U většiny ocelí se tato oblast redukuje na linii (hranice ztavení) případně plochu, protože rozdíl mezi teplotou solidu a likvidu je minimální.
2. Oblast přehřátí, tj. oblast s teplotami nad A_3 , překračující teplotu intenzivního růstu primárních zrn. Pro nelegované oceli je to teplota kolem 1050°C, pro mikrolegované oceli je to teplota vyšší, asi 1250 až 1300°C.
3. Oblast vyhřátá nad A_3 s úplnou transformací $\alpha \rightarrow \gamma \rightarrow \alpha$.
4. Oblast nad teplotu A_1 s neúplnou polymorfní přeměnou, tj. mezi teplotami A_1 až A_3 .
5. Oblast pod teplotou A_1 , ve které probíhají změny buď v rámci tuhého roztoku α Fe, případně substrukturní.

Šířka jednotlivých TOO je rozdílná pro různé technologie svařování a je ve velké míře závislá na svařovacích parametrech.

6.3. Svařitelnost

6.3.1. Svařitelnost ocelí [3]

Svařitelnost udává, zda lze za daných podmínek svařování vyhotovit svar předepsané jakosti. Podmíněná svařitelnost znamená, že jakostní svar lze vyhotovit jen za určitých podmínek svařování.

Chemické složení oceli je jedním z dominantních vlivů, určujících svařitelnost ocelí. Jejich jednotlivé chemické prvky ovlivňují svařitelnost materiálu následovně:

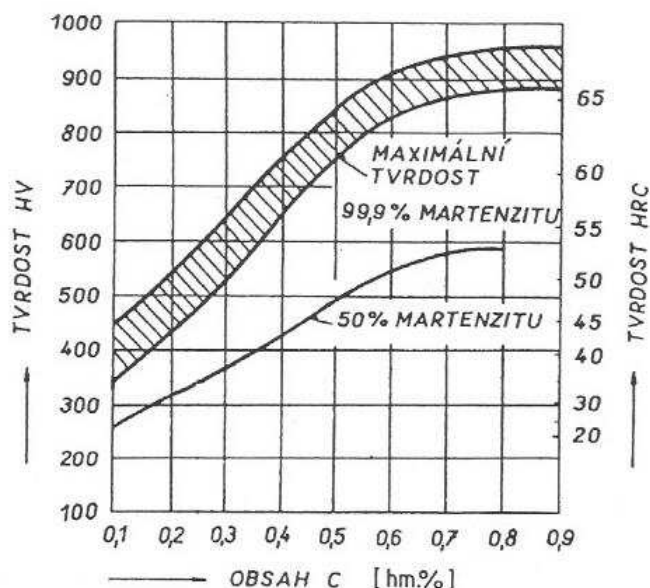
- uhlík	(C)	-do obsahu uhlíku 0,25 hm.% jsou oceli vhodné ke svařování; při větším obsahu ($C = 0,3$ hm.%) je svařitelnost obtížná
-křemík	(Si)	-je výhodný do obsahu 0,8 hm.%
-mangan	(Mn)	-zlepšuje svařitelnost oceli do obsahu 1 hm.%
-nikl	(Ni)	-zhoršuje svařitelnost
-chrom	(Cr)	-zhoršuje svařitelnost
-molybden	(Mo)	-zlepšuje svařitelnost
-vanad	(V)	-zlepšuje svařitelnost
-titan	(Ti)	-výrazně zlepšuje svařitelnost
-kyslík	(O)	-výrazně zhoršuje svařitelnost
-dusík	(N)	-výrazně zhoršuje svařitelnost
-vodík	(H)	-výrazně zlepšuje svařitelnost (způsobuje však tzv.vločkovou křehkost)
-fosfor	(P)	-zhoršuje svařitelnost; jeho přítomnost v oceli způsobuje lámavost za studena
-síra	(S)	-zhoršuje svařitelnost; způsobuje tzv. lámavost za tepla

Společný obsah fosforu a síry v oceli nemá přestoupit 0,04 hm.%.

6.3.2. Svařitelnost uhlíkových ocelí [2]

Základní vlastnosti uhlíkových ocelí jsou definovány obsahem uhlíku. Síra a fosfor mají být přítomny v těchto ocelích v pokud možno minimální míře. Obsah uhlíku u těchto ocelí může být v rozmezí od velmi nízkého obsahu až do obsahu 1,7 hm.%, i když jeho obsah nad 1,3 hm.% je u technických uhlíkových ocelí poměrně vzácný.

Při svařování nelegovaných ocelí se musí počítat s tím, že uhlík v TOO způsobuje zvýšení tvrdosti, současně snižuje plasticitu, takže vzniklá vnitřní pnutí mohou vést ke vzniku trhlin. Pripouští se 350 HV jako maximální tvrdost TOO. Této tvrdosti se dosáhne při 50 hm.% obsahu martenzitu ve struktuře a při obsahu uhlíku 0,25 hm.%.



Obr.3. Závislost tvrdosti oceli na obsahu uhlíku způsobená tvrdostí martenzitu [2]

6.3.2.1. Uhlíkový ekvivalent [2]

Při výběru ocelí přihlížíme k možné degradaci jejich vlastností v místě svarového spoje v průběhu výroby a provozu svařovaných konstrukcí. Jeden z aspektů posouzení komplexní charakteristiky ocelí pro danou součást je určení tzv. ekvivalentního obsahu uhlíku C_e . Pro oceli s obsahem uhlíku $\leq 0,22$ hm.% lze provádět svařování bez zvláštních opatření, přičemž ekvivalentní obsah uhlíku $C_e \leq 0,50$ je počítán dle rovnice:

$$C_e = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{15} + \frac{Mo}{4} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2} + 0,0024 \cdot s \quad [\%] \quad (6.1)$$

kde s je tloušťka plechu [mm]

-Tato rovnice platí pro materiály do obsahu prvků:

$C = 0,22 \text{ hm.}\%$, $Mn = 1,6 \text{ hm.}\%$, $Cr = 1 \text{ hm.}\%$, $Ni = 3 \text{ hm.}\%$, $V = 0,14 \text{ hm.}\%$,

$Cu = 0,3V \text{ hm.}\%$.

Mezinárodní svářečský institut (IIW/IIS) navrhl vzorec (pro oceli $> 0,18 \text{ hm.}\%$):

$$C_e = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} \quad [\%] \quad (6.2)$$

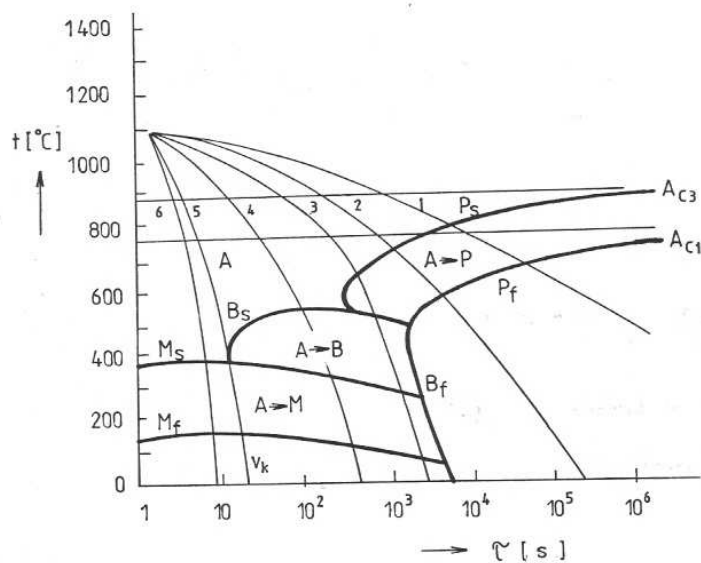
-Pro oceli do pevnosti 700 MPa nejsou nutné zvláštní opatření, jsou-li splněny požadavky:

tab.5. Mezní hodnoty C , C_e u kterých nejsou nutná zvláštní opatření b (přehřev, dohřev) [2]

Nízkouhlíkové, nízkolegované C-Mn oceli R_m [MPa]	C [hm %]	$C_{e(IIW)}$ [hm %]	Tloušťka [mm]	Poznámka
370-520	$\leq 0,22$	$\leq 0,41$	≤ 25	
500-700	$\leq 0,20$ $\leq 0,20$	$\leq 0,45$ $\leq 0,45$	≤ 25 25-37	nízkovodíkové technologie

6.3.2.2. ARA diagram (anizotermický rozpad austenitu) [2]

Diagramy ARA udávají počátky a konce jednotlivých přeměn, které byly získány při plynulém ochlazování austenitu různou rychlostí ochlazování. Při ochlazování uhlíkových ocelí vzniká při určitém přechlazení z austenitu perlit (křivky 1 a 2). Tuto strukturu lze označit za vyhovující v oblasti svaru.



obr. 4 diagram anizotermického rozpadu austenitu (ARA) [2]

Z hlediska svařování je diagram ARA velice důležitý, protože podává informace o možných komplikacích s danou ocelí. V oblasti svaru se u uhlíkových ocelí může vyskytnout bainitická a martenzitická struktura podle rychlosti ochlazování svarového kovu a tepelně ovlivněné oblasti. Vzniku nežádoucích struktur martenzitu a spodního bainitu u dané oceli lze zabránit předehřevem. Ve speciálních případech lze předehřev nahradit žháním housenky další housenkou a větším tepelným příkonem při svařování.

6.3.3. Svařitelnost jemnozrnných ocelí [2]

Polotovary z jemnozrnných ocelí se vyrábějí nejčastěji řízeným válcováním v kombinaci s tepelným zpracováním, které zvýrazňuje vliv mikrolegur (Al, Ti, Nb, a V) na vlastnosti materiálu. Proto také někdy označujeme materiály tohoto typu jako mikrolegované jemnozrnné oceli. Obsahy mikrolegujících prvků jsou obvykle limitovány:

Al min. 0,015 hm.%, Ti max. 0,15 hm.%, V max. 0,1 hm.%, Nb max 0,04 hm.%.

Všechny uvedené prvky tvoří s uhlíkem a dusíkem karbidy, nitridy nebo karbonitridy. V případě hliníku to je nitrid AlN. Titan tvoří karbid TiC, nebo karbonitrid Ti (C, N) a nitrid TiN. Niob vytváří karbid NbC, nebo karbonitrid Nb (C, N) a vanad karbid V_4C_3 nebo karbonitrid V (C, N).

Při svařování jemnozrnných mikrolegovaných ocelí můžeme očekávat růst zrn v tepelně ovlivněné oblasti svarových spojů a tím i pokles plastických vlastností v této oblasti. Svařujeme proto pokud možno bez předehřevu a s limitovaným měrným tepelným příkonem při svařování.

6.4. Trhliny ve svarových spojkách [2]

Nejdůležitější je z hlediska svařitelnosti oceli (svarového kovu) kontrola náchylnosti ke vzniku trhlin za studena a za horka, které jsou průvodními jevy výskytu žhacích podnávarových, popřípadě lamelárních trhlin.

Trhliny za horka

Trhliny za horka vznikají jak ve svarovém kovu, tak v teplem ovlivněné oblasti, při ochlazování svarových kovů za vysokých teplot (u ocelí nad 850°C). Lze je rozdělit na:

-krystalizační

vznikají ve svarovém kovu v průběhu tuhnutí (krystalizace)

-likvační

vznikají ve vysokohřátém podhousenkovém pásmu teplem ovlivněné oblasti základního materiálu, nebo ve svarovém kovu při několikavrstvém svařování

-polygonizační

označované též jako trhliny z poklesu tažnosti, mohou vznikat jako likvační v TOO (tepelně ovlivněná oblast) ve svarovém kovu při nižší teplotě (~850°C).

Krystalizační trhliny se dávají do souvislosti se snížením tažnosti při teplotě solidu, polygonizační trhliny souvisejí s poruchami na hranicích migrujících zrn při ochlazování v oblasti rekrystalizace.

-Náchylnost svarového spoje v tepelně ovlivněné oblasti k trhlinám za horka lze informativně určit parametrickými rovnicemi pro parametry H.C.S. a U.C.S. :

$$\text{H.C.S.} = \frac{\text{C} + \text{S} + \text{P} + \frac{\text{Si}}{25} + \frac{\text{Ni}}{100}}{3\text{Mn} + \text{Cr} + \text{Mo} + \text{V}} \cdot 10^3 \quad [\%] \quad (6.1)$$

Ocel je náchylná k trhlinám za horka, když $\text{H.C.S.} > 4$ (nelegované oceli) ;
u nízkolegovaných ocelí $\text{H.C.S.} > 1,6$.

$$\text{U.C.S.} = 320\text{C} + 190\text{S} + 75\text{P} + 45\text{Nb} - 12,1\text{Si} - 5,4\text{Mn} \quad (6.2)$$

Ocel je náchylná k trhlinám za horka, když $10 < \text{U.C.S.} < 30$

Studené trhliny

Studené trhliny, trhliny indukované vodíkem a zbrzděné lomy jsou defekty, které vznikají při nízkých teplotách (asi pod 200°C). Vyskytují se nejčastěji v podhousenkové oblasti svarových spojů ocelí. Studené trhliny jsou transkrystalického charakteru, povrch je lesklý, neoxidovaný, na rozdíl od trhlín vzniklých za horka. Hlavní příčinou vzniku studených trhlín je vzájemné působení tří faktorů a to:

- přítomnost vodíku ve svarovém spoji
- přítomnost struktury citlivé na účinek vodíku
- přítomnost tahových (kontrakčních) zbytkových napětí

Lamelární trhliny

Lamelární trhliny vznikají v základním materiálu nebo v TOO v důsledku namáhání ve směru tloušťky plechu. Mají kaskádovitý, stupňovitý tvar, zpravidla rovnoběžný s povrchem plechu.

Žíhací trhliny

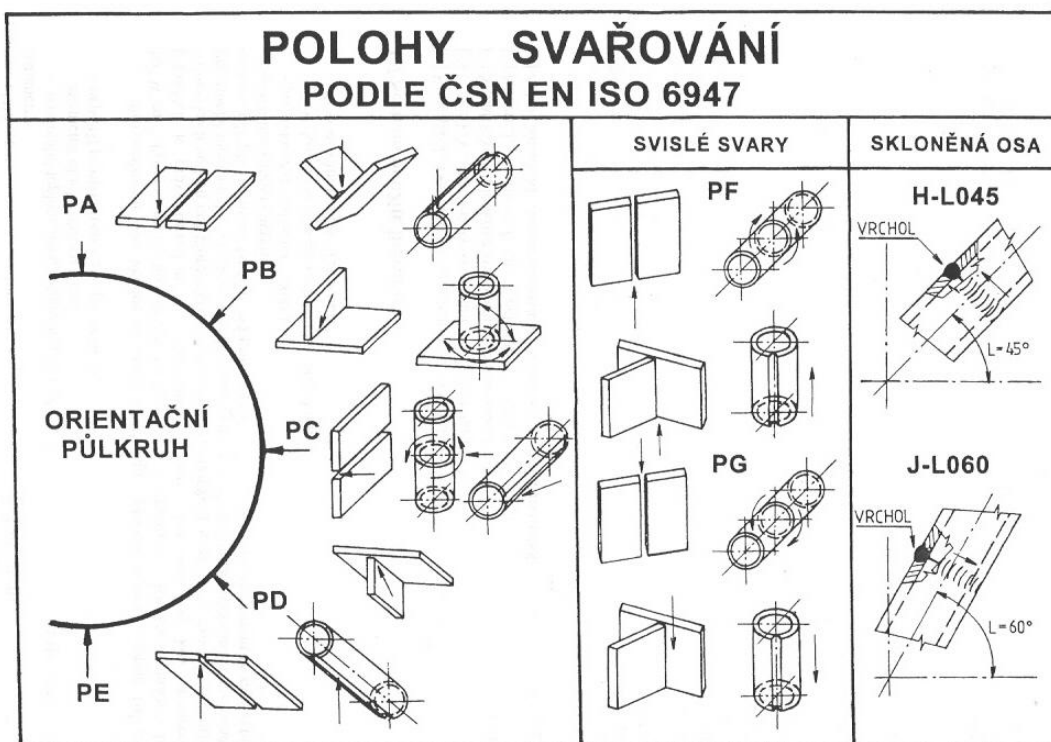
Žíhací trhliny jsou vady, které mohou vznikat při vícevrstevném svařování následným žíháním nebo klasickým žíháním TOO, ve kterých došlo v průběhu svařování k poškození (hrubozrnnost, výskyt sirníků druhého typu).

Žíhací trhliny se mohou tvořit:

- za nízkých teplot – nízkoteplotní zpracování za teplot do 350°C
- v oblasti žíhacích teplot (450 až 600°C)
- pod návary nízkolegovaných ocelí při plátování austenitickou navařovací páskou (podnávarové trhliny)

7. Technologie svařování

7.1. Polohy svařování [1]



Pojmenování	Popis	Symbol
Poloha vodorovná shora	Vodorovný směr svařování, svislá osa svaru, krycí vrstva nahoře	PA
poloha vodorovná šikmo shora	Vodorovný směr svařování, krycí vrstva směrem šikmo nahoru	PB
Poloha vodorovná	Vodorovný směr svařování, vodorovná osa svaru	PC
Poloha vodorovná šikmo nad hlavou	Vodorovný směr svařování, nad hlavou krycí vrstva směrem šikmo dolů	PD
Poloha vodorovná nad hlavou	Vodorovný směr svařování, nad hlavou, svislá osa svaru, krycí vrstva dole	PE
Poloha svislá nahoru	Svislý směr svařování zdola nahoru	PF
Poloha svislá dolů	Svislý směr svařování shora dolů	PG
Svařování nahoru k vrcholu svaru	Směr svařování nahoru a úhlem sklonu 45°	H-L045
Svařování od vrcholu svaru dolů	Směr svařování dolů a úhlem sklonu 60°	J-L060

7.2. Metody tavného svařování [1]

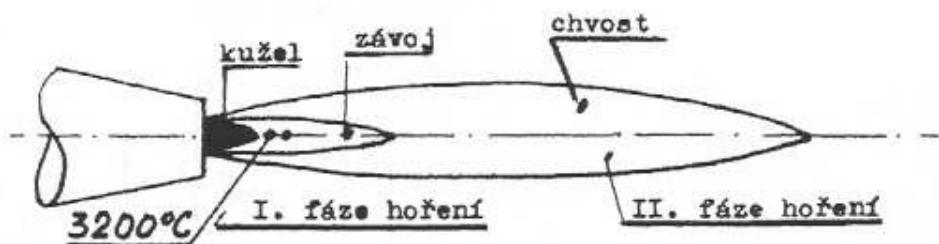
111 – ruční obloukové svařování obalenou elektrodou	ROE
114– obloukové svařování plněnou elektrodou bez ochranného plynu	
121 – svařování pod tavidlem s drátovou elektrodou	SAW
131 – obloukové svařování tavící se elektrodou v inertním plynu	MIG
135 – obloukové svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu	MAG
136 – obloukové svařování plněnou elektrodou v aktivním plynu	
141 – obloukové svařování netavící se elektrodou v inertním plynu	WIG
15 – plazmové svařování	
311 – kyslíko-acetylenové svařování	

7.3. Plamenové svařování

7.3.1. Plyny pro plamenové svařování [1]

Zdrojem tepla pro plamenové svařování je chemická energie hoření plamene, který vznikne hořením směsi oxidujícího a hořlavého plynu.

Oxidující a hořlavý plyn se přivádí z jejich zdroje do hořáku. Po smísení obou plynů vzniklá směs, která se u výstupu z hořáku zapálí a vznikne plamen, u kterého lze rozeznat následující pásma



obr. 5 Pásma v kyslíko acetylenovém plameni [1]

Pro svařování plamenem jsou používány dvě skupiny plynů, a to plyny oxidující a plyny hořlavé.

Plyny oxidující:

Mezi plyny oxidující patří kyslík a vzduch.

Kyslík (O_2)

Bezbarvý plyn bez zápachu. Je nehořlavý, ale hoření podporuje. Při atmosférickém tlaku lze plynný kyslík zkapalnit při teplotě $-182\text{ }^{\circ}\text{C}$. Výsledkem je namodralá kapalina s hustotou $1,13\text{ kg}\cdot\text{dm}^{-3}$. Z 1 litru kapalného kyslíku lze odpařením získat 874 l kyslíku plynného. Kyslík pro průmyslové účely je vyráběn ve třech jakostech:

Čistota A (99,2%)

Čistota B (98,5%)

Čistota C (97,0%)

Vzduch

Je směsí plynů kyslíku (21%), dusíku (78%) a argonu, oxidu uhličitého (1%).

Plyny hořlavé

Hořlavých plynů pro plamenové svařování se používá celá řada. V praxi nejčastěji používaný bývá acetylen.

tab. 6 .Hořlavé plyny a jejich vybrané vlastnosti [1]:

vlastnosti plynu	acetylen	vodík	propan	metyl-acetylen-propadien	etylen (eten)	propylen	zemní plyn
chemický vzorec	C_2H_2	H_2	C_3H_8	MAPP, TETREN, APACHI C_3H_4	C_2H_4	C_3H_6	CH_4
způsob skladování	rozpuštěný v acetonu	stlačený	kapalný	kapalný	stlačený (kapalný)	kondenzovaný	stlačený
výhřevnost (MJ/m^3)	56,5	10,8	93,2	82,2	53,9	87,6	35,9
meze výbušnosti se vzduchem	2,2-85	4,0-74,5	2,2-95,5	1,7-12,0	3,1-32,0	2,0-10,5	5,0-15,0

7.3.2. Typy plamene [1]

Zapálením směsi hořlavého plynu s kyslíkem (nebo vzduchem) vzniká plamen potřebný pro technologické procesy. U všech hořlavých plynů, s výjimkou acetylenu se jedná o plamen oxidační.

Plamen kyslíko-acetylenový

Tento plamen jako hlavní představitel plamene pro technologické užití se podle poměru kyslíku a acetylenu dělí na následující skupiny:

- a) neutrální, poměr $O_2 : C_2H_2 = 1$ až $1,1 : 1$
- b) redukční, poměr $O_2 : C_2H_2 < 1$
- c) oxidační, poměr $O_2 : C_2H_2 = 1,2 : 1$

Podle intenzity (výstupní rychlosti plamene) se kyslíko – acetylenový plamen dělí na:

Měkký plamen

Výstupní rychlost $70 - 100 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Má malou výstupní rychlost plamene, která způsobuje jeho nestabilitu a náchylnost ke zpětnému šlehnutí. Způsobuje nepatrné víření roztavené svarové lázně.

Střední (normální) plamen

Výstupní rychlost $100 - 120 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Plamen má přiměřený účinek na svarovou lázeň, nedochází ke zpětnému šlehnutí.

Ostrý plamen

Výstupní rychlost nad $120 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Plamen má velký dynamický účinek na roztavenou svarovou lázeň, rozhání ji a má negativní vliv na jakost svaru.

7.3.3. Příprava svarových ploch [1]

Pro svaření svarového spoje podle definovaných požadavků je třeba připravit svarové plochy a svařované díly. Tvar svarových ploch je definován v normě ČSN EN 29 692, ve které jsou uvedeny svarové plochy přiřazené jednotlivým technologiím svařování, podle číselného označení technologie svařování. Technologie svařování plamenem podle této normy (ČSN ISO 857) má číselné označení 3.V této normě jsou pro svařování plamenem uvedeny především svarové úkosy:

Lemový svar

-pro svařování plechů tloušťek od 0,2 do 2 mm. Základní materiál by neměl být příliš pevný, aby se dal snadno tvářet.

Tupý I svar

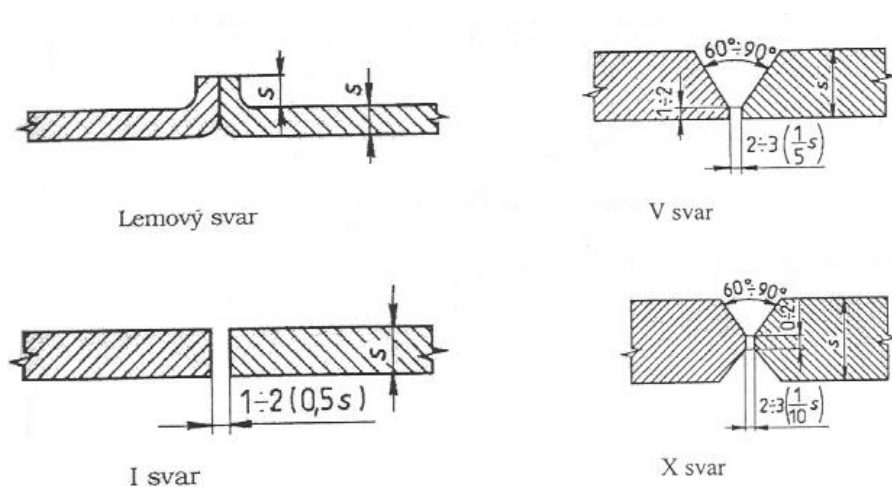
-pro svařování tloušťek 1 až 4 mm. Pro požadované dokonalé svaření svaru je vyžadováno podložení kořene svaru.

Tupý V svar

-pro tloušťky větší než 4 mm. Tento svar umožňuje dobré provaření kořene svaru

Tupý X svar

-pro tloušťky větší než 12 mm.

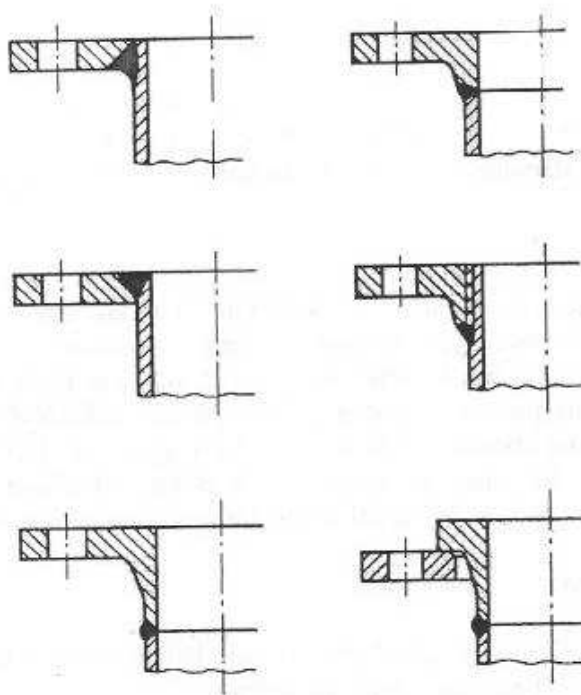


obr. 6. Tvary a rozměry svarových ploch [1]

Pro přípravu svarových ploch lze užít i normu ČSN EN 29 692, která je koncipována tak, že je univerzální a podle číselného označení metody svařování si lze tvar svarových ploch vybrat.

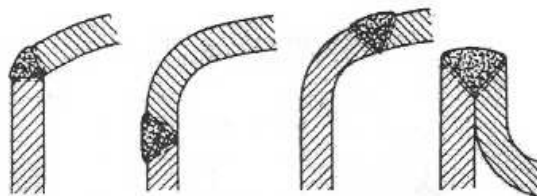
7.3.4. Návrh svarového spoje [1]

Při svařování plamenem se doporučuje používat především tupé svary. To platí i u svarů s přírubou, kde je doporučováno používat přednostně svarů tupých předkoutovými.



obr. 7. konstrukční řešení svarového spoje trubky s přírubou [1]

Spoj mezi pláštěm nádoby a dnem je možno volit několika způsoby. Dle obrázku 8 je nejlepší volbou varianta 2 a nebo 3.



obr. 8. konstrukční úprava připojení válcového pláště nádoby ke dnu nádoby [1]

7.4. Elektrický oblouk [1]

Elektrický oblouk využitelný ve svařování je nízkonapětový elektrický vysokotlaký výboj, který hoří v prostředí ionizovaného plynu. Stabilně hoří za předpokladu napětí dostatečného pro ionizaci daného prostředí a proudu udržujícího plazma oblouku v ionizovaném stavu.

Charakteristické znaky oblouku jsou:

- malý úbytek napětí
- malý potenciální rozdíl na elektrodách
- proud řádově ampéry až tisíce ampér
- velká proudová hustota katodové skvrny
- intenzivní vyzařování světelného záření z elektrod i sloupce oblouku
- intenzivní vyzařování UV záření

Zapálení oblouku

Zapálení oblouku probíhá při napětí naprázdno zdroje, které bývá obvykle vyšší než při ustáleném hoření oblouku. Velikost zápalného napětí ($U = 60 - 70 \text{ V}$) závisí na materiálu elektrod a ionizační schopnosti plynného prostředí. Pro běžné metody svařování je charakteristické napětí $U = 10 - 50 \text{ V}$ na oblouku a svařovací proud v rozmezí $I = 10 - 2000 \text{ A}$.

Zapálení oblouku se provádí:

1. Krátkodobým dotykem elektrody a základního materiálu při nastaveném svařovacím proudu. Dotykem elektrody se místo kontaktu ohřeje elektrickým odporem při zkratovém proudu na vysokou teplotu. Při oddalování elektrody dochází k rozvoji oblouku, zvyšuje se odtavování a odpaření části kovu dostatečné pro vznik stabilního sloupce oblouku.

Tento způsob zapalování oblouku se používá u metod ROE, APT, MAG, MIG.

2. Vysokonapětovým vysokofrekvenčním ionizátorem se zapálí na vzdálenost několika milimetrů elektrická jiskra, která ionizuje plynné prostředí výbojem. Ionizace je možná jen díky termoemisi elektronů z katodové skvrny na elektrodě.

Metoda zapalování vysokofrekvenčním ionizátorem se používá u metody WIG.

3. Dotykové zapalování tzv. startovacím proudem. Tento způsob zapalování je umožněn soudobým řízením a kontrolou svařovacích parametrů a používá se u metody WIG. Výhoda uvedeného způsobu je v přesném umístění začátku svaru na svarovém úkosu.

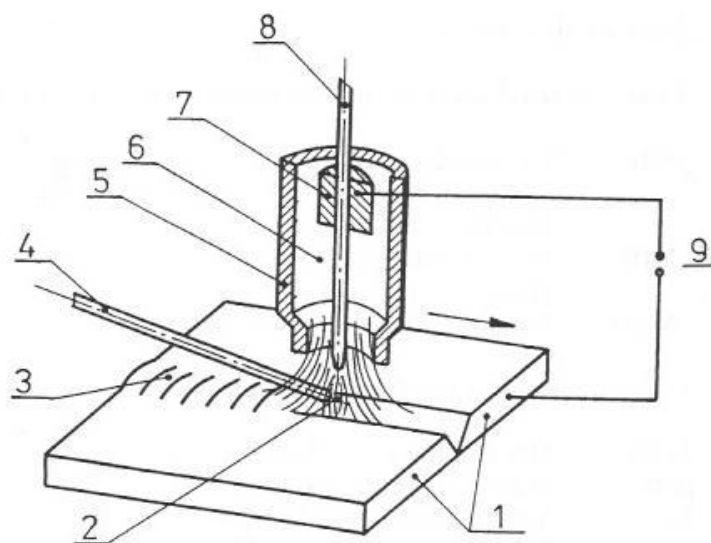
7.5. Obloukové svařování v ochranných plynech [1]

Při obloukovém svařování v ochranných plynech hoří oblouk obklopen ochranným plynem, který chrání elektrodu, oblouk, odtavující se kapky přídavného materiálu a tavnou lázeň proti účinkům vzdušného kyslíku a dusíku. Jednotlivé technologie se rozlišují podle druhu elektrod a ochranného plynu.

7.5.1. Metoda WIG (TIG) [1]

7.5.1.1. Princip metody [1]

Při svařování metodou WIG hoří oblouk mezi netavící se elektrodou a základním materiálem. Ochranu elektrody i tavné lázně před okolní atmosférou zajišťuje netečný plyn o vysoké čistotě minimálně 99,995 %. Používá se argonu, helia nebo jejich směsí. Svařování lze realizovat s přídavným materiálem ve formě drátu ručním způsobem, nebo automatické svařování s podavačem drátu s proměnnou rychlostí jeho podávání dle postupu svařování.



1. – svařovaný materiál, 2. – elektrický oblouk, 3 – svar, 4 – přídavný materiál, 5 – plynová hubice, 6. ochranný plyn, 7. – kontaktní kleštiny, 8. – wolframová elektroda, 9. – zdroj proudu

obr. 9. princip svařování netavící se elektrodou v inertním plynu – WIG[1]

7.5.1.2. Metalurgické a technologické výhody [1]

- inertní plyn zabezpečuje efektivní ochranu svarové lázně a přehřáté oblasti základního materiálu před účinky vzdušného kyslíku
- inertní plyn zabraňuje propalu prvků a tím i vzniku strusky – výsledkem je čistý povrch svaru
- nevyžaduje použití tavidel, ale lze je využít
- vytváří elektrický oblouk vysoké stability v širokém rozsahu svařovacích proudů
- zajišťuje vysokou operativnost při svařování v polohách
- zabezpečuje svary vysoké celistvosti i na materiálech náchylných k naplynění a oxidaci při zvýšených teplotách
- jednoduchá obsluha a přesná regulace parametrů svařování
- svary mají malou tepelně ovlivněnou oblast a minimální deformace
- svarová lázeň je viditelná a snadno ovladatelná
- možnost velmi přesného dávkování množství tepla vneseného do svaru
- svařovací oblouk je velmi flexibilní – jeho tvar a směr lze snadno ovládat magnetickým polem

7.5.1.3. Druhy svařovacích proudů [1]

Svařování stejnosměrným proudem:

Při tomto zapojení je elektroda připojená k zápornému pólu zdroje a svařovaný materiál na kladný. Rozdělení tepla oblouku je nerovnoměrné a přibližně 1/3 tepla připadá na elektrodu a 2/3 celkového tepla se přenáší do základního materiálu.

Svařování stejnosměrným proudem s přímou polaritou se používá pro spojování všech typů ocelí, mědi, niklu, titanu a jejich slitin.

Svařování střídavým proudem:

Svařování střídavým proudem se používá z důvodu čistícího účinku, při kladné polaritě elektrody na svařování hliníku, hořčíku a jejich slitin.

Svařování impulsním proudem:

Impulsní svařování je nejnovější variantou WIG svařování, při kterém se intenzita proudu mění pravidelně s časem mezi dvěma proudovými hladinami a to základním proudem a impulsním proudem.

Výhody impulsního svařování:

- lepší citlivost, mechanické a plastické vlastnosti svarů
- snížení tepelného ovlivnění materiálu a tím i menší deformace
- velmi dobré formování a vzhled svarové housenky
- snížení náchylnosti svarů na vznik mezikrystalické koroze u vysokolegovaných ocelí
- výhodný průřez svaru

- možnost svařování plechů tl. 0,5 až 5 mm bez použití podložek
- široká oblast regulace svařovacího proudu

Výše uvedené výhody impulsního svařování WIG se využívají v těchto oblastech:

- svařování tenkých plechů legovaných ocelí, mědi a měděných slitin
- svařování různých tloušťek Svařování stejnosměrným proudem:

- jednostranně přístupné svary
- polohové svary
- svařování materiálů citlivých na přehřátí
- svařování kořene trubek větších tloušťek

7.5.1.4. Netavící se wolframové elektrody [1]

Netavící se elektrody používané při WIG se vyrábějí ze spékaného wolframu, který má teplotu tavení 3380 °C, teplotu varu 5700 °C, měrný elektrický odpor $5,36 \cdot 10^{-8} \Omega$ a hustotu $19,1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$.

Volba typu elektrody závisí na druhu proudu a oblasti použití. Elektrody jsou normalizovány v ČSN EN 26 848. Spotřeba netavící se elektrody je cca 4 mm za hodinu.

Vyráběné průměry [mm]:

0,5 1,0 1,6 2,0 2,4 3,0 3,2 4,0 4,8 5,0 6,0 6,4 8,0 10

Vyráběné délky [mm]:

50 75 150 175

Označování wolframových elektrod se řídí těmito zákonitostmi:

- 1) – první písmeno W značí wolfram jako základní prvek elektrod
- 2) – druhé písmeno charakterizuje přísadu oxidů, T – oxid thoričitý, Z – oxid zirkoničitý, L – oxid lantaničitý, C – oxid ceričitý
- 3) – druhé písmeno P charakterizuje elektrodu z čistého wolframu
- 4) – číslo při základní značce udává desetinásobek koncentrace oxidů

Každá dodávaná elektroda musí být na jednom konci označena min. 3 mm barevným páskem odpovídajícího barevného odstínu. Elektroda se brousí na konci bez barevného označení do požadovaného tvaru.

7.5.1.5. Ochranné inertní plyny [1]

Ochranné plyny zabezpečují ochranu netavicí se elektrody, svarové lázně a její okolí proti vlivům okolního vzduchu, především proti oxidaci a naplynění. Současně vytvářejí příznivé podmínky pro zapálení oblouku a jeho stabilitu, přenos tepla do svaru i jeho tvarování.

7.5.1.6. Přídavné materiály [1]

Přídavné materiály plní při svařování metodou WIG několik funkcí:

- doplnit objem svarového kovu a vytvořit svar požadovaného tvaru a průřezu
- legovat svarový kov přísadami, které zlepšují užité vlastnosti svaru
- dodat do svarového kovu přísady, které zajišťují desoxidaci, odplynění a příznivě ovlivňují metalurgické děje ve svarovém kovu
- zlepšit formování svaru, smáčení svarových ploch a operativnost při svařování v polohách.

Pro nelegované a nízkolegované materiály je dnes zavedena norma ČSN EN 1668.

Příklad označení přídavného materiálu:

Tyč EN1668 – W 46 3 W3Si1 , kde

EN1668.....číslo normy

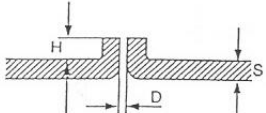
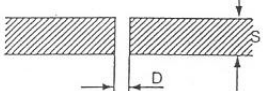
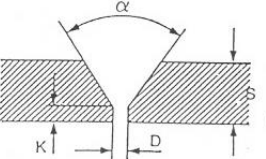
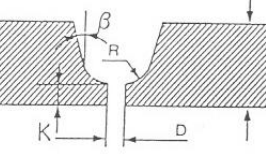
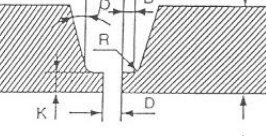
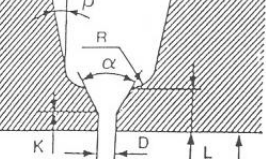
W.....tyč/drát nebo navařený kov obloukovým svařováním wolframovou elektrodou v inertním plynu

46.....pevnost a tažnost dle příslušné tabulky (mez kluzu 460 Mpa)

3.....nárazová práce (47 J při – 30 °C)

W3Si1.....chemické složení dle příslušné tabulky

7.5.1.7. Příprava svarových ploch [1]

		Rozměry	
		Hliník	Nerezavějící ocel
Lemový svar		$S \leq 3$ $H = 1,5 \times S$ $D = 0 - 0,5$	$S \leq 2$ $H = 1,5 - 2$ $D = 0 - 0,5$
I – svar		$S \leq 4$ $D = 0 - 1$	$S = 1 - 3$ $D = 0 - 2$
V – svar		$S = 5 - 12$ $D = 0 - 1$ $K = 1,5 - 2$ $\alpha = 70^\circ$	$S = 4 - 6$ $D = 0 - 0,3$ $K = 1,5 - 2$ $\alpha = 70^\circ$ 60°
U – svar		$S \geq 10$ $D = 0$ $R = 6$ $K = 2 - 3$ $\beta = 12 - 15^\circ$	$S = 6 - 30$ $D = 0 - 0,3$ $R = 6$ $K = 1,5 - 2$ $\beta = 10^\circ$
Speciální tvar U svaru			$S = 6 - 30$ $D = 0 - 0,3$ $R = 2 - 3$ $B = 3$ $K = 2 - 3$ $\beta = 10^\circ$
Kombinace U a V svaru		$S \geq 16$ $D = 2 - 3$ $R = 6$ $K = 1 - 1,5$ $L = 4$ $\alpha = 60^\circ$ $\beta = 10^\circ$	

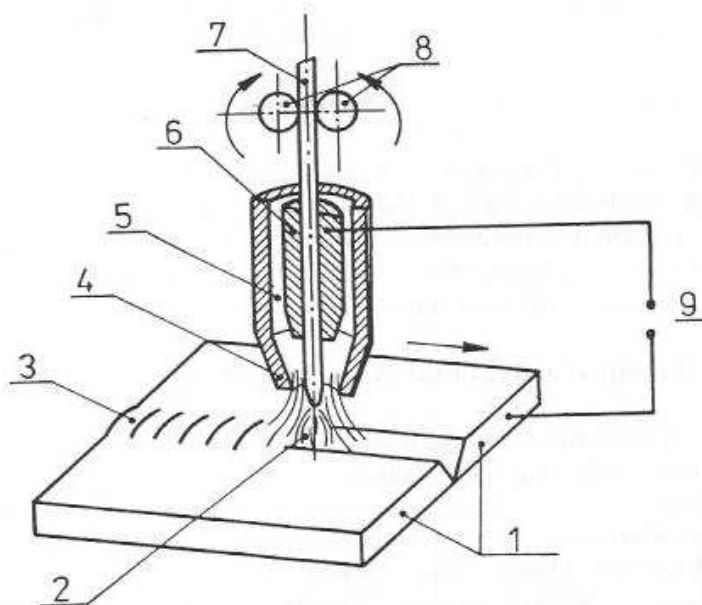
obr. 10. Příprava svarových ploch pro svařování metodou WIG [1]

7.5.2. Metoda MIG/MAG

7.5.2.1. Princip metody MIG/MAG [1]

Svařování metodou MIG/MAG je založeno na hoření oblouku mezi tavící se elektrodou ve formě drátu a základním materiálem v ochranné atmosféře inertního nebo aktivního plynu. Napájení drátu elektrickým proudem je zajištěno třecím kontaktem v ústí hořáku tak, aby elektricky zatížená délka drátu byla co nejkratší. Drát je podáván podávacími kladkami umístěnými v podavači, vlastním hořáku, nebo kombinací obou systémů z cívky o běžné hmotnosti 15 kg.

Ochranný plyn se volí podle druhu svařovaného materiálu, ovlivňuje však také přenos kapek v oblouku, rozstřík, rozsah chemických reakcí a teplotní poměry v oblouku.



1. – svařovaný materiál, 2. – elektrický oblouk, 3. – svar, 4. – přídavný materiál, 5. – plynová hubice, 6. – ochranný plyn, 7. – kontaktní kleštiny, 8. – wolframová elektroda, 9. – zdroj proudu

obr. 11. princip svařování MIG/MAG [1]

Nejširší uplatnění je v současnosti při ručním a mechanizovaném svařování nelegovaných, nízkouhlíkových a nízkolegovaných ocelí, při použití směsného plynu argonu a oxidem uhličitým.

Tato metoda svařování se vyznačuje těmito výhodami:

- svařování ve všech polohách od tloušťky materiálu 0,8 mm
- minimální tvorba strusky
- přímá vizuální kontrola oblouku a svarové lázně
- vysoká efektivita, úspory nedopalků tzv. nekonečným drátem
- snadný start oblouku bez nárazu svařovacího drátu do svarku
- velmi dobrý profil svaru a hluboký závar
- malá tepelně ovlivněná oblast především u vysokých rychlostí svařování
- vysoká proudová hustota
- vysoký výkon odtavení
- široký proudový rozsah pro jeden průměr drátu
- stabilní plynová ochrana v různých variantách umožňující diferencované typy přenosu kovu v oblouku a ovlivnění mechanických vlastností svarů
- nízká pórovitost
- malý nebo žádný rozstřík kovu elektrody
- snadná aplikace metody u robotizovaných a mechanizovaných systémů svařování

7.5.2.2. Ochranné plyny [1]

Hlavní úlohou ochranných plynů je zamezit přístupu vzduchu do oblasti svařování, tj. především chránit elektrodu, oblouk i tavnou lázeň, její okolí a kořen svaru před účinky vzdušného kyslíku, který způsobuje oxidaci, naplynění, pórovitost a propal prvků.

Ochranný plyn svým složením a množstvím ovlivňuje tyto charakteristiky svařování:

- vytvoření ionizovaného prostředí pro dobrý start a hoření oblouku
- metalurgické děje v době tvoření kapky, při přenosu kapky obloukem a ve svarové lázni
- síly působící v oblouku
- tvar a rozměry obrobku
- charakter přenosu kovu v oblouku, tvar a rozměry kapek a rychlosti jejich přenášení obloukem
- tvar a průměry průřezu svaru
- hladkost povrchu svaru a jeho přechod na základní materiál
- kvalitu, celistvost a mechanické vlastnosti svarového spoje

Chemické účinky ochranných plynů:

Inertní plyny skupiny I argon, helium a jejich směsi chemicky nereagují se svarovou lázní a propal prvků je minimální, nemají proto vliv na výsledné chemické složení svarového kovu.

Aktivní plyny skupiny M1, M2, M3 a C ovlivňují v menší nebo větší míře chemické složení svarového kovu. Podle propalu C, Mn, a Si je propal 1% O₂ ve směsi s argonem, srovnatelný s 10% CO₂ ve směsi s argonem a podle obsahu kyslíku ve svarovém kovu až s 20% CO₂ ve směsi s argonem.

Ochranné plyny mají u metody MIG/MAM vliv na:

- způsob přenosu svarového kovu obloukem
- hloubku závaru a profil svaru
- množství rozstříku
- rychlost svařování
- stabilitu elektrického oblouku

Jako ochranné plyny pro metodu MAG se používá čistý plyn oxid uhličitý CO₂, nebo v současnosti častěji používané vícesložkové směsné plyny se základem argonu - Ar + CO₂, Ar + O₂, Ar + CO₂ + O₂ a Ar + He + CO₂ + O₂.

Při svařování metodou MIG se používá většinou čistý plyn argon a helium nebo jejich dvousložková směs Ar + He. Čistota plynů a přesnost míchání směsí jsou stanovené normou ČSN EN 439.

7.5.2.3. Zdroje pro svařování metodou MIG/MAG [1]

Pro svařování metodou MIG/MAG se používá zdrojů se stejnosměrným výstupem proudu, kde kladný pól zdroje je připojen na drátovou elektrodu.

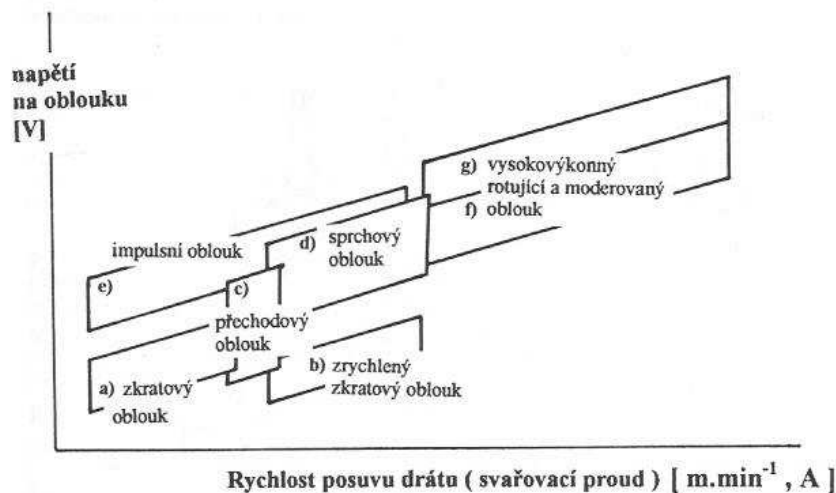
Používají se usměrňovače a v dnešní době převážně investory různých výkonových vlastností. Zdroje pro svařování MIG/MAG mají plochou charakteristiku s tzv. konstantním napětím se samoregulační schopností udržování konstantní délky oblouku. Tato regulace je založena na výrazné změně proudu při relativně malé změně délky oblouku a tím i napětí na oblouku. Tento princip regulace délky oblouku je možný jen při konstantní rychlosti podávání drátu.

7.5.2.4. Přenos kovu v oblouku [1]

Přenos kovu v oblouku patří mezi základní charakteristiky metody svařování elektrickým obloukem tavící se elektrodou a závisí především na svařovacích parametrech tj. proudu a napětí. Významně však jeho charakter ovlivňuje složení ochranného plynu, druh přídavného materiálu a technika svařování.

Přenos kovu se dělí podle typu:

- a) krátký oblouk se zkratovým přenosem kovu
- b) krátký oblouk se zrychleným zkratovým přenosem
- c) přechodový oblouk s nepravidelnými zkraty
- d) dlouhý oblouk se sprchovým bezzkratovým přenosem
- e) impulsní bezzkratový oblouk
- f) moderovaný bezzkratový přenos
- g) dlouhý oblouk s rotujícím přenosem kovu



obr. 12. Oblasti přenosu kovu v oblouku [1]

7.5.2.5. Přídavné materiály pro svařování metodou MIG/MAG [1]

Pro metody obloukového svařování MIG/MAG se používají přídavné materiály ve formě plného drátu a plněného drátu (trubičkové dráty). Dráty jsou navinuté na drátěných nebo plastových cívkách o běžné hmotnosti 15 kg. Cívky se však vyrábějí v širokém sortimentu rozměrů a hmotností drátů – 5 až 30 kg a nebo se pro robotizovaná pracoviště dodávají ve svitku baleném v lepenkovém paketu hmotnosti až 200 kg.

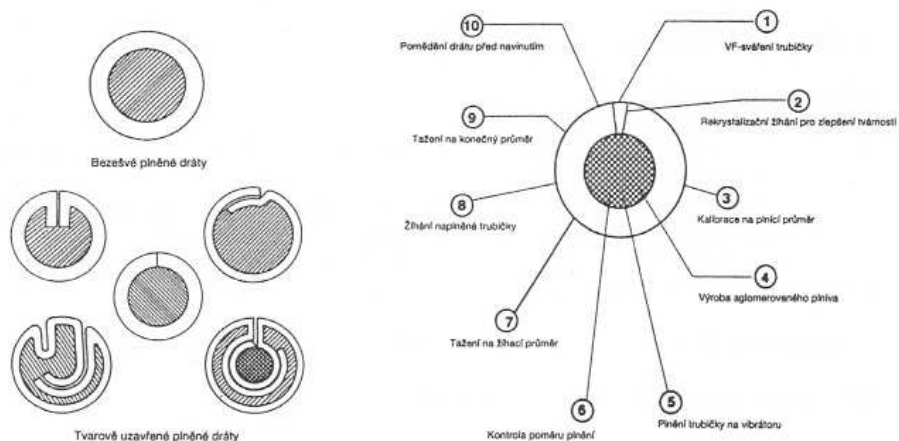
Každá cívka nebo svitek musí být opatřen štítkem na kterém jsou tyto údaje výrobce:

- označení výrobce
- označení drátu dle výrobce i příslušné normy
- průměr drátu
- hmotnost
- číslo tavby
- klasifikace a certifikace u jiných orgánů

Plné dráty jsou vyráběny a dodávány v průměrech 0,6 0,8 1,0 1,2 1,6 2,0 a 2,4 mm. Nejčastěji používané jsou dráty o průměrech 0,8 – 1,6 mm.

Základní rozdělení plněných drátů dle výroby je do dvou skupin:

- bezešvé plněné dráty
- tvarově uzavřené plněné dráty



obr. 13. typy plněných drátů a postup výroby bezešvého plněného drátu [1]

7.5.2.6. Označování přídatných materiálů [1]

Norma ČSN EN 440 označuje klasifikaci přídatných materiálů pro svařování nelegovaných a jemnozrnných ocelí MIG/MAG takto:

EN 440 – G 46 3 M G3Si1 ,kde:

EN 440...je číslo normy

G.....svařování v ochranném plynu

46.....pevnost a tažnost (dle tabulky je min. mez kluzu 460 MPa, mez pevnosti 530 až 680 MPa a tažnost 20%)

3.....nárazová práce – číslo udává desetinu minusové teploty, při které bylo dosaženo nárazové práce 47 J. Trojka značí, že této hodnoty bylo dosaženo při -30 °C

M.....ochranný plyn – M jsou směsné plyny a C platí pro oxid uhličitý

G3Si1.....chemické složení dle tabulky

Plněné elektrody se označují podle normy ČSN EN 758 takto:

Plněná elektroda EN 758 – T 46 3 1Ni B M 4 H5 , kde:

EN 758...je číslo normy

T.....plněné elektrody

46.....pevnostní vlastnosti

3.....nárazová práce

1Ni.....chemické složení dle tabulky

B.....typ náplně – bazická náplň

M.....ochranný plyn – směsný plyn

4.....poloha svařování. Poloha svařování označená 4, platí pro tupý svar v poloze PA , PB

H5.....obsah vodíku. Označení H5 platí pro 5 ml/100 g čistého svarového kovu

Typy náplní plněných drátů dle ČSN EN 758:

- typ R - rutilová náplň, se sprchovým přenosem kovu v oblouku
- typ P - rutilová náplň, rychle tuhnoucí struska pro svařování polohových svarů
- typ B - bazická a fluoritová náplň, střední až hrubší kapkový přenos, vysoká výtěžnost
- typ M - kovová náplň, zkratový, jemný kapkový i sprchový přenos, bez strusky (čištění)
- typ V - rutilová nebo fluoridobazická náplň pro svařování bez ochranného plynu
- typ W - bazickofluoridový typ bez ochranného plynu s vysokou výtěžností
- typ Y - jako typ W pro nízké teploty
- typ Z - ostatní neuvedené typy

7.6. Ruční obloukové svařování obalenou elektrodou [1]

7.6.1. Princip metody [1]

Svařování obalenou elektrodou je jednou z mnoha modifikací svařování elektrickým obloukem. Elektrický oblouk využívaný pro svařování lze charakterizovat jako elektrický výboj hořící za normální teploty a normálního tlaku.

Další charakteristické rysy této metody jsou, že lze svařovat v podstatě všechny materiály a ve všech polohách, svařovací proud 10 až 2000 A, napětí na elektrickém oblouku 10 až 50 V. Teplota elektrického oblouku se pohybuje přibližně kolem 5000 °C.

Mezi významné oblasti elektrického oblouku lze počítat:

-katodovou skvrnu nacházející se na žhavém povrchu katody. Tato skvrna může být buď stabilní a nebo se může po povrchu katody přemisťovat. Proudová hustota dosahuje až $1000 \text{ A} \cdot \text{mm}^{-2}$

-oblast katodového úbytku napětí je oblast přiléhající těsně ke katodě a má tloušťku asi 0,1 mm, v této oblasti dochází k úbytku napětí v rozmezí 8 – 16 V

-sloupec oblouku je prostor mezi elektrodami s teplotou až 5000 °C. Pokles napětí v této části oblouku je rovnoměrný. Ve sloupci plazmatu se vyskytují elektrony a ionty, přičemž elektrony se pohybují od katody k anodě a kladné ionty se pohybují od anody ke katodě.

-oblast anodového úbytku napětí je oblast přiléhající k anodě o tloušťce 10^{-2} až 10^{-3} mm; I v této oblasti dochází k prudkému úbytku napětí

-anodová skvrna je oblast na anodě kde jsou pohlcovány elektrony

7.6.2. Svařovací zdroje [1]

Svařovací zdroje pro svařování elektrickým obloukem musí splňovat následující požadavky:

- jejich konstrukce musí být bezpečná podle platných norem a předpisů
- napětí naprázdno musí odpovídat druhu proudu a prostředí, kde se svařuje
- jejich statická charakteristika musí odpovídat způsobu svařování
- musí být odolné proti krátkodobým zkratům
- musí mít takovou dynamickou charakteristiku, aby po zkratu rychle vzrostlo svařovací napětí
- regulace svařovacího proudu, případně napětí musí být regulovány tak, jak to vyžaduje metoda svařování

Podle potřeby svařování je vyžadován buď stejnosměrný nebo střídavý svařovací proud.

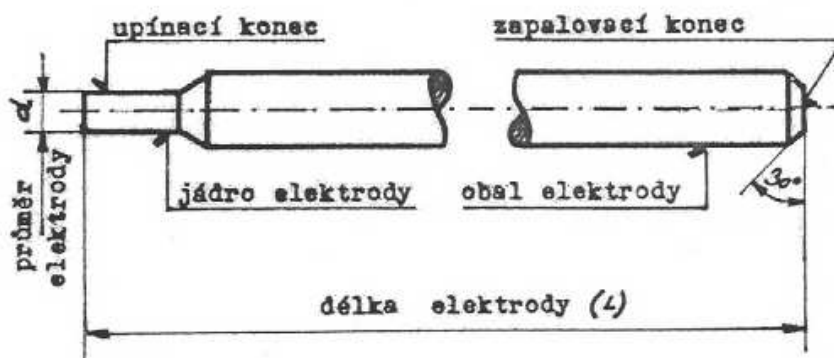
Jako zdroje pro svařování střídavým proudem se používají jednofázové transformátory. Vzhledem k jejich svařovacím vlastnostem se rozsah jejich použitelnosti snižuje.

Jako zdroje pro svařování stejnosměrným proudem se používají:

- svařovací agregáty (rotační svářečky)
- svařovací usměrňovače (s transformátorem, s tyristorovým řízením, sekundárně taktované, invertory)

7.6.3. Elektrody pro ruční svařování elektrickým obloukem [1]

Pro ruční svařování elektrickým obloukem se jako přídavné materiály používají obalené elektrody. Tyto se skládají z jádra a z obalu elektrody.



obr. 13. řez obalenou elektrodou [1]

Elektrody pro ruční obloukové svařování lze obecně rozdělit podle základního materiálu do následujících skupin:

- elektrody pro svařování nelegovaných a nízkolegovaných ocelí
- elektrody pro svařování nízkolegovaných ocelí
- elektrody pro svařování nízkolegovaných a žárovevých ocelí
- elektrody pro svařování vysokolegovaných ocelí
- elektrody pro navařování vrstev se zvláštními vlastnostmi
- elektrody pro svařování barevných kovů
- elektrody pro svařování šedé litiny
- elektrody pro jadernou energetiku
- elektrody pro zvláštní účely

Podle složení obalu elektrod se dělí na obaly:

- | | |
|------------------------|---------------|
| -stabilizační | |
| -rutilové | (označení R) |
| -rutil-celulózové | (označení RC) |
| -rutil-kyselé | (označení RA) |
| -rutil-bazické | (označení RB) |
| -tlustostěnné rutilové | (označení RR) |
| -kyselé | (označení A) |
| -bazické | (označení B) |
| -celulózové | (označení C) |

Obal má následující funkce:

-funkce plynotvorná :

Při hoření oblouku vznikají z obalu kouře a plyny, které vytvářejí druh ochranného plynu a brání přístupu vzdušného kyslíku a dusíku ke svarové lázni, což má za následek zvýšení plastických vlastností svarového kovu, např. celulosa)

-funkce ionizační:

Slouží v obalu pro usnadnění zapalování a hoření oblouku, např. soli alkalických kovů.

funkce metalurgická:

Slouží k ochraně před vypálením – propalem některých prvků při jejich průchodem el. obloukem, zejména Mn, Cr, Si apod.

7.6.4. Označování elektrod [1]

Pro značení elektrod se používá norma ČSN EN 499, která nahradila původní normu značení ČSN 055010. Klasifikace obalených elektrod podle EN je založena na mezi kluzu, mezi pevnosti a tažnosti jejich svarových kovů.

tab. 7. Údaje z klasifikace obalených elektrod pro svařování nelegovaných jemnozrnných ocelí [1]

Část normy EN 499	Označení	Poznámka
1	druh výrobku (metoda svařování)	obalená elektroda pro ruční svařování elektrickým obloukem
2	provozní vlastnosti, pevnost, tažnost čistého svarového kovu	hodnoty meze kluzu, meze pevnosti a tažnosti čistého svarového kovu ve stavu po svaření jsou uvedeny v tab. 5
3	nárazová práce čistého svarového kovu	podle tab. 6 se volí označení, které odpovídá teplotě, při níž je dosažena průměrná nárazová práce 27J
4	chemické složení čistého svarového kovu	volí se označení dle tab. 7
5	druh obalu	druh obalu elektrody závisí především na typu struskotvorných látek, jeho označení musí sestávat z písmen nebo skupin písmen
6	výtěžnost svarového kovu a druh proudu	označení v tab. 8 udává výtěžnost svarového kovu podle čl. 4.6
7	poloha svařování	číslíce 1 až 5 podle odst. 4.8
8	obsah vodíku v čistém svarovém kovu	tab. 9

Klasifikace těchto elektrod je rozdělena na část závaznou (5 údajů) a část nepovinnou (8 údajů). Závazná část stanoví povinnost uvádět druh výrobku, pevnost a tažnost, chemické složení a druh obalu. Podle ČSN EN 499 musí být údaje úplné klasifikace uváděny na obalech, propagačních materiálech výrobce.

Elektrody musí splňovat požadavky na mechanické vlastnosti svarového kovu a současně musí mít odpovídající operativní vlastnosti. Mezi operativní vlastnosti elektrod patří především:

- vhodnost elektrody pro různé pracovní polohy
- ovladatelnost elektrod v těchto polohách
- způsob odtavování elektrod a přechod kovu do tavné lázně
- vlastnosti a množství strusky a další

7.6.5. Technologie svařování obalenou elektrodou [1]

Svařování el. obloukem obalenou elektrodou je poměrně jednoduchou metodou svařování jak z hlediska parametrů svařování, tak i z hlediska poloh svařování.

Svařovací proud může svářeč nastavit podle údajů výrobce elektrod. Nemá-li k dispozici údaje o velikosti svařovacího proudu může použít následujících empirických údajů:

-pro elektrody kyselým a rutilovým obalem činí svařovací proud $I = (40 \div 45) \cdot d \text{ [A]}$

-pro elektrody bazickým obalem činí svařovací proud $I = (35 \div 50) \cdot d \text{ [A]}$

kde d je průměr jádra elektrody

Napětí na el. oblouku nemusí svářeč nastavovat a jeho hodnota je dána statickou charakteristikou elektrického oblouku.

7.7. Svařování elektrickým obloukem pod tavidlem [1]

7.7.1. Charakteristika metody [1]

Metoda svařování elektrickým obloukem pod tavidlem byla vyvinuta za účelem zvýšení množství odtaveného svarového kovu. Tato metoda má řadu výhod a také nevýhod.

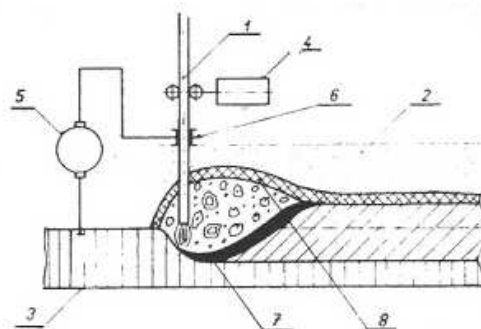
Mezi výhody patří:

- vysoká produktivita svařování (2 až 5 x oproti ROE)
- velký průvar do základního materiálu
- velká proudová hustota při tenkých svařovacích drátech
- možnost snížení velikosti koutových svarů ve srovnání s ručním svařováním el. obloukem (až o 25%)
- zvýšená kvalita svarů

Mezi nevýhody patří:

- zvýšené nároky na přípravu svarových ploch a jejich čistotu
- zakrytý svařovací proces a obtížnost jeho kontroly
- možnost svažování pouze v polohách PA nebo PB podle ČSN EN ISO 6947

7.7.2. Princip metody [1]



- 1 – svařovací drát, 2 – tavidlo, 3 – základní materiál, 4 – podávací mechanismus svařovacího drátu
5 – zdroj svařovacího proudu, 6 – přívod proudu do elektrody, 7 – roztavený svarový kov
8 – roztavená struska

obr. 14. schématické znázornění metody svařování elektrickým obloukem pod tavidlem [1]

Je to v podstatě svařování elektrickým obloukem holou elektrodou neomezené délky pod ochrannou vrstvou tavidla. Při svařování pod tavidlem se vyžaduje větší přesnost přípravy základního materiálu a jeho čistota.

7.7.3. Zdroje svařovacího proudu [1]

Pro svařování elektrickým obloukem pod tavidlem lze používat střídavého i stejnosměrného proudu. Pouze zřídka se využívají zdroje pro ruční svařování, u nichž lze využít možnosti změny statické charakteristiky.

Jako zdroje svařovacího proudu pro svařování pod tavidlem lze tedy využít:

- rotační svářečky
- usměrňovače
- transformátory

7.7.4. Návrh svarového spoje a rozsah použití [1]

Tvar a typ svarového spoje se řídí podle tloušťky svařovaného základního materiálu. Pro orientační určení typu svarového spoje je možné řídit se normou ČSN EN 29 692, kdy se vychází z číselného označení metody svařování elektrickým obloukem pod tavidlem, která má označení 12. Obecně lze svarové spoje rozlišit na:

1. tupé spoje

- a) svařované z jedné strany
- b) svařované z obou stran

2. koutové spoje

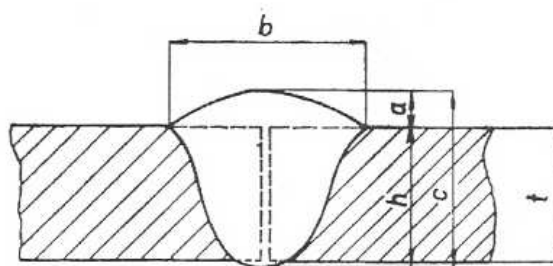
V obou skupinách jsou využívány svarové spoje s úkosy a nebo bez úkosů a s mezerou nebo bez mezery.

7.7.5. Technologické parametry svařování [1]

Technologické parametry svařování elektrickým obloukem pod tavidlem výrazně ovlivňují formu svaru.

Jedná se o následující charakteristické rozměry svaru:

- hloubku průvaru do základního materiálu h
- převýšení a
- šířku svaru b
- součinitel formy svaru $\psi = b/h$



obr. 15 Charakteristické rozměry svaru [1]

Chemické složení, struktura a mechanické vlastnosti svarového spoje závisí do značné míry na součiniteli formy svaru ψ . Hlavní vliv na rozměry svaru a formu svaru má množství uvolněného tepla v elektrickém oblouku, které je funkcí svářecího proudu, svářecího napětí a rychlosti svařování.

7.7.6. Přídavné materiály pro svařování [1]

Při svařování elektrickým obloukem pod tavidlem tvoří svařovací drát a tavidlo dva samostatné celky, které je možno navzájem kombinovat, tak aby se získalo požadované chemické složení a mechanické vlastnosti svarového kovu.

Nová norma ČSN EN 756 udává klasifikaci drátů a tavidel pro svařování nelegovaných a jemnozrnných ocelí pro svařování pod tavidlem.

Klasifikace samotného svařovacího drátu se skládá z pěti částí, které obsahují:

- 1) označení výrobku/metody svařování (v tomto případě označení písmenem S)
- 2) označení pevnostních vlastností a tažnosti čistého svarového kovu pro vícevrstvé svařování nebo pevnostních vlastností základního materiálu použitelného pro klasifikaci oboustranného svařování
- 3) označení pro nárazovou práci čistého svarového kovu nebo svarového kovu svarového spoje
- 4) označení typu použitého tavidla
- 5) označení chemického složení použitého svařovacího drátu

Norma ČSN EN 760 udává klasifikaci tavidel pro obloukové svařování pod tavidlem.

Klasifikace tavidla se skládá ze sedmi částí:

- 1) udává označení výrobku (metody) svařování (v tomto případě bude S)
- 2) označuje způsob výroby
- 3) označuje typ tavidla, charakteristické chemické složení
- 4) označuje třídu tavidla
- 5) označuje metalurgické vlastnosti tavidla
- 6) označuje druh proudu
- 7) označuje obsah vodíku ve svarovém kovu

7.8. Tepelné zpracování [2]

Tepelné zpracování je vedle chemického složení oceli faktorem, který zásadním způsobem ovlivňuje užité vlastnosti ocelových výrobků. Jeho použitím dochází k cíleným změnám ve struktuře daného materiálu s využitím teplotně a časově závislých procesů.

Základní režim tepelného zpracování udávaný v souřadnicích teplota – čas se skládá ze 3 částí:

- ohřev na danou teplotu
- časová prodleva při této teplotě
- ochlazování vhodnou rychlostí

Z pohledu použitých teplot se typy tepelného zpracování zpravidla dělí na dvě oblasti:

- a) s překrystalizací
- b) bez překrystalizace

Tepelné zpracování s překrystalizací:

Jedná se o režimy, u nichž při ohřevu dochází ke změně krystalové mřížky z původního typu α na γ a po ochlazení zpětně $\gamma \rightarrow \alpha$.

- homogenizační žíhání
- normalizační žíhání
- žíhání ke zhrubnutí zrna
- kalení jako součást zušlechťování a kalení nástrojových ocelí
- izotermické kalení
- zvláštní způsoby kalení

Tepelné zpracování bez překrystalizace:

Jedná se o teplotní režimy, u kterých nepřevýší maximální teplota ohřevu teplotu přeměny A_{c1} , tj. zůstává v oblasti stabilní α mřížky.

- žíhání ke snížení pnutí

Používá se u výkovků, odlitků a zejména svarků za účelem snížení vnitřních pnutí. Žíhání za teplot v rozmezí 450 až 600 (650) °C eliminuje vysoké pnutí pomocí místní plastické deformace. Po žíhání se provádí pomalé ochlazování až do teplot cca 200°C, následuje ochlazení na vzduchu

- žíhání naměkko

Cílem je maximální změkčení struktury pro zajištění dobré obrobiteľnosti a svařitelnosti

- popouštění

8. Výrobní zásady provádění plynových zařízení

8.1. Personál

8.1.1. Odborná způsobilost [16]

Odborná způsobilost – kvalifikace je získávána v souladu s technickými pravidly TPA, TPB CWS ANB – České svářečské společnosti ANB (akreditovaného, autorizovaného a notifikovaného orgánu)

Kvalifikace jsou prováděny pro svařování elektrickým obloukem (111, 121, 131, 135, 136, 137, 141, 15, 151), plamenem (311, 312) a jiné operace (dle ČSN EN ISO 4063).

- Svářečský pracovník:

Kvalifikace získaná zaškolením svářečským technikem ve firmě, eventuelně ve svářečské škole [svářečským dozorem dle ČSN EN 719, (ČSN EN ISO 14 731)] dle ČSN 05 0705, pro činnosti při pájení i svařování na jednoúčelových svařovacích (pájecích) zařízeních a pro pomocné svářečské (páječské) činnosti.

Svarové spoje jsou pro provoz jakostně kontrolovány jen vizuální zkouškou (VT) dle ČSN EN 970, ČSN EN 13 018 (v souladu s ČSN EN 12 062).

- Svářeč (páječ):

Kvalifikace získaná ve svářečské škole dle ČSN EN 05 0705, pro svařování i pájení výrobků (kovových i plastových), které nejsou staticky a dynamicky, dilatačně, eventuelně termodynamicky namáhané a na které nejsou dány požadavky na těsnost svarů (spojů).

Rozsah kontroly jakosti svarových (pájených) spojů pro provoz se provádí jen na úrovni vizuální kontroly (VT) dle ČSN EN 970, ČSN EN 13 018 (v souladu s ČSN EN 12 062).

- Svářeč se zkouškou dle ČSN EN norem:

Kvalifikace získaná ve svářečské škole dle ČSN EN 287 – 1; ČSN EN 9606 – 2, 3, 4, 5; ČSN EN ISO 17 660 – 1, 2; ČSN EN 12732 (plynová potrubí), ČSN EN 13 067 (plastů), eventuelně i potvrzená CWS ANB odsouhlasením pracovníka pro provádění tlakových (plynových) zařízení dle §6c nařízení vlády č.26/2003 Sb. (dle PED 97/23/EC), TPA 216 (tyčí,řetězů), ČSN EN ISO 14 918 (žárové stříkání), pro svařování staticky, dynamicky, dilatačně, eventuelně těsnostních svarových spojů i svarových spojů navržených na základě technického výpočtu.

Rozsah kontroly jakosti svarů se provádí na úrovni vizuální kontroly (VT) dle ČSN EN 970, ČSN EN 13 018 a dalších kontrol (zkoušek) například prozářením, ultrazvukem, penetrační, magnetickou zkouškou, vířivými proudy (v souladu s ČSN EN 12062), eventuálně jinými nedestruktivními zkouškami dle výrobních norem.

-Operátor se zkouškou dle ČSN EN normy:

Kvalifikace získaná ve výrobní firmě na základě přípravy operátora prováděné svářečským dozorem výrobní firmy [s kvalifikací dle ČSN EN 719 (ČSN EN ISO 14 731)] a zkoušky před zkušebním orgánem autorizované zkušební organizace, v souladu s ČSN EN 1418, eventuálně i potvrzená CWS ANB odsouhlasením pracovníka pro provádění tlakových (plynových zařízení dle §6c nařízení vlády č.26/2003 Sb. (dle PED 97/23/EC). Operátor vykonává svářečské (páječské) práce na plně mechanizovaných , eventuálně automatizovaných svařovacích, pájecích zařízeních a provádí svarové spoje, které budou provozně nenamáhané i provozně staticky, dynamicky, dilatačně, eventuálně termodynamicky namáhané, rovněž i těsnostní svarové (pájené) spoje a svarové spoje navrhované na základě technického výpočtu.

Rozsah kontroly jakosti svarů (pájených spojů) pro provoz se provádí na úrovni vizuální kontroly (VT) dle ČSN EN 970, ČSN EN 13 018, eventuálně dalších kontrol (zkoušek) například prozářením, ultrazvukem, penetrační, magnetickou zkouškou, vířivými proudy (v souladu s ČSN EN 12062), eventuálně jinými nedestruktivními zkouškami dle výrobních norem.

Odborná způsobilost – kvalifikace musí být získána zkouškou pro různé používané metody svařování a pájení v souladu s ČSN EN ISO 4063.

8.1.2. Kvalifikace výrobce pro provádění konstrukcí výrobků, včetně svařování [17]

Kvalifikace výrobce pro užívání zvláštního procesu svařování při provádění výroby kovových svařenců je požadována:

Evropskými směrnici ES, EHS, EC,....., nařízeními vlády NV (v ČR) vydanými v rámci zákona č. 22/1997 Sb. ve znění pozdějších předpisů , o technických požadavcích na výrobky uváděné na trh a do provozu, dále je požadována zákonem č. 71/2000 Sb.,zákonem č. 102/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů, o obecné bezpečnosti výrobků a technickými normami (určenými i harmonizovanými).

tab. 8. třídy způsobilosti pro svařování [17]

1.	Třída	A	B	C	D	E
2.	průkaz způsobilosti firmy	žádný průkaz	malý průkaz způsobilosti	malý průkaz způsobilosti s rozšířením	velký průkaz způsobilosti	velký průkaz způsobilosti s rozšířením na dynamickou oblast
3.	druh působícího zatížení	nosné konstrukce převážně staticky namáhané				konstrukce namáhané převážně dynamicky
4.	rozsah platnosti průkazu podle tabulky	1	2	3	4	5
5.	vlastní firemní výrobní kontrola dle ČSN EN 473	musí se provádět na odpovědnost				
6.	požadavky na firmu	žádný průkaz	vyžadován je průkaz pro uznanou výrobní (montážní) firmu			
7.	stupeň požadavků jakosti podle ČSN EN ISO 3834-1 až 6	základní ČSN EN ISO 3834-4	standardní ČSN EN ISO 3834-3			vyšší ČSN EN ISO 3834-2
8.	stupeň technických znalostí svářečského dozoru dle ČSN EN ISO 14731	žádné zvláštní požadavky (a)	základní technické znalosti EWF 1171 (b)	speciální technické znalosti EWF 1172 (c,d)	obsáhlé technické znalosti EWF 1173 (e,f)	obsáhlé technické znalosti EWF 1173 (f)
a)	Požadovaní jsou svářeči se zkouškou podle ČSN EN ISO 9606 – část 2, 3, 4, a 5, svářečští operátoři dle ČSN EN 1418.					
b)	Směrnice EWF 1171 : European Welding Specialist (svářečský specialista) nebo rovnocenné vzdělání.					
c)	Technické základní znalosti s prokázanou zkušeností jsou dostatečné pro sériovou výrobu.					
d)	Směrnice EWF 1172 : European Welding Technologist (svářečský technolog) nebo rovnocenné vzdělání.					
e)	Speciální technické znalosti s prokázanou zkušeností jsou dostatečné pro sériovou výrobu.					
f)	Směrnice EWF 1173 : European Welding Engineer (svářečský inženýr) nebo rovnocenné vzdělání.					

Třída A:

Rozsah platnosti	Požadavky
<p>Materiály : nelegované konstrukční ocele v pásnu pevnosti do S 275 (CR ISO 15 608, ČSN 05 0323).</p> <p>Výrobní tloušťky ≤ 16 mm, u přivařovaných desek kotevních a patních ≤ 30 mm.</p> <p>Svařovací metody : ruční a částečně mechanizované, kromě přeřvařování výrobních nátěrů.</p> <p>Stavební díly (převážně staticky namáhané) s jednoduchými nebo podřadnými svary jako :</p> <ul style="list-style-type: none"> - podpěry s kotevními a patními deskami, z válcovaných profilů, bez styků a pnutí - schody v obytných budovách do délky 5 m (měřeno na výstupní čáře) - zábradlí s vodorovným zatížením ve výši madla ≤ 0,5 kN/m (viz DIN 1055-3), ČSN 74 3305. <p>(dle ČSN 73 2601 + Změna a), 2, 3, Oprava ČSN P ENV 1090-1, ČSN P ENV 1993-1-1 + Změna 1, Oprava), ČSN EN ISO 17 660 – 1 a 2</p>	<p>Musí být použiti svářeči s platnou zkouškou podle ČSN EN 287-1, event. ČSN EN ISO 9606-2,3,4,5, ČSN EN ISO 17 660 – 1 a 2</p> <p>Rozsah platnosti zkoušky musí pokrývat vykonávané svářečské práce. Je vhodné, aby podnik měl minimálně jednoho svého stálého zaměstnance ve funkci svářečského dozoru dle ČSN EN ISO 14 731. Tento pracovník musí mít základní technické znalosti podle směrnice EWF 1171 nebo jiného rovnocenného vzdělání.</p> <p>Základní požadavky na jakost svařování podle ČSN EN ISO 3834-4.</p> <p>Nedestruktivní zkoušení (NDT) dle výrobové normy v souladu s ČSN EN 12 062 + Změna A1, A2.</p> <p>Svařovací postupy WPS dle ČSN EN ISO 15 607, ČSN EN 15 609-1 až 5, ČSN EN ISO 15 614-1 až 13.</p> <p>Tolerance přesnosti dle ČSN EN ISO 13 920.</p> <p>Doporučení pro svařování dle ČSN EN 1011-část 1 až 8.</p>

Třída B:

Rozsah platnosti	Požadavky
<p>Materiály : nelegované konstrukční ocele v pásnu pevnosti do S 275 (CR ISO 15 608, ČSN 05 0323).</p> <p>Výrobní tloušťky ≤ 22 mm, u přivařovaných čelních kotevních a patních desek ≤ 30 mm.</p> <p>Svařovací metody : ruční a částečně mechanizované, kromě přeřvařování výrobních nátěrů.</p> <p>Všechny stavební díly dle třídy A a převážně staticky namáhané :</p> <ul style="list-style-type: none"> - plnostěnné a příhradové nosníky do rozpětí 20 m - sloupky v kloubové nebo rámové konstrukci jednopodlažních budov - stožáry a opěrné konstrukce do 20 m výšky, ČSN 73 1430, ČSN 34 8340 + Změna a) b) c) d) - ocelové komíny v rozměrovém pásnu II podle DIN 4133, ČSN 73 4201 - plechové nádrže a síla o tloušťce ≤ 8 mm <p>schody, lávky plošiny s provozním zatížením ≤ 5 kN/ m² (viz DIN 1055), ČSN 73 2602</p> <ul style="list-style-type: none"> - zábradlí s vodorovným zatížením ve výši madla > 0,5 kN/m (viz DIN 1055-3), ČSN 74 3305 - lešení podle DIN 4420 a DIN 4421, ČSN 73 1403 - jiné stavební díly srovnatelného druhu a velikosti <p>(dle ČSN 73 2601 + Změna a), 2, 3, Oprava ČSN P ENV 1090-1, ČSN P ENV 1993-1-1, A1, A2), ČSN EN ISO 17 660 – 1 a 2</p>	<p>Musí být použiti svářeči s platnou zkouškou podle ČSN EN 287-1, event. ČSN EN ISO 9606-2,3,4,5.</p> <p>Rozsah platnosti zkoušky musí pokrývat vykonávané svářečské práce.</p> <p>Pro trubkové uzly (trubka a trubkou) je nutná doplňková zkouška svářeče dle DIN 18808, ČSN P ENV 1090-1.</p> <p>Podnik musí mít minimálně jednoho svého stálého zaměstnance ve funkci svářečského dozoru dle ČSN EN ISO 14 731. Tento pracovník musí mít základní technické znalosti podle směrnice EWF 1171 nebo jiného rovnocenného vzdělání.</p> <p>Standardní požadavky na jakost svařování podle ČSN EN ISO 3834-3.</p> <p>Nedestruktivní zkoušení (NDT) dle výrobové normy v souladu s ČSN EN 12 062 + Změna A1, A2.</p> <p>Svařovací postupy WPS dle ČSN EN ISO 15 607, ČSN EN 15 609-1 až 5, ČSN EN ISO 15 614-1 až 13.</p> <p>Tolerance přesnosti dle ČSN EN ISO 13 920.</p> <p>Doporučení pro svařování dle ČSN EN 1011-část 1 až 8.</p>

Třída C:

Rozsah platnosti	Požadavky
<p>Materiály : jako ve třídě B, také ocele nerezavějící (1) a ocele se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi a ocele na odlitky v pásmu pevnosti do S 275, při namáhání jen tlakem až do S 355 (CR ISO 15 608, ČSN 05 0323).</p> <p>Výrobní tloušťky v nosném průřezu ≤ 30 mm u přivařovaných čelních, kotevních a patních deskách ≤ 40 mm.</p> <p>Svařovací metody : ruční, částečně a plně mechanizované a automatické, (přivařování svorníků podle ČSN EN ISO 14 555).</p> <p>Všechny stavební díly dle třídy B, s rozšířením o :</p> <ul style="list-style-type: none"> - rozpětí a výšky na 30 m - záchytné vany - výrobní svařování částí z oceli na odlitky a to všech druhů použitelných podle této normy <p>(dle ČSN 73 2601 + Změna a), 2, 3, Oprava ČSN P ENV 1090-1, ČSN P ENV 1993-1-1 + Změna 1, A1, A2), ČSN EN ISO 17 660 – 1 a 2</p>	<p>Použití mohou být jen svářeči nebo svářečští operátoři s platnými zkouškami podle ČSN EN 287-1, event. ČSN EN ISO 9606-2,3,4,5 nebo ČSN EN 1418, ČSN EN ISO 17 660 – 1 a 2 . Rozsah platnosti zkoušek musí pokrývat vykonávané svářečské práce svářeče nebo operátora. Pro trubkové uzly je nutná doplňková zkouška podle DIN 18 808, ČSN P ENV 1090-1.</p> <p>Podnik musí mít minimálně jednoho svého stálého zaměstnance ve funkci svářečského dozoru dle ČSN EN ISO 14 731. Tento pracovník musí mít speciální technické znalosti podle směrnice EWF, případně jiné rovnocenné vzdělání.</p> <p>Při sériové (2) výrobě a při výrobním svařování ocelových odlitků, může funkci svářečského dozoru vykonávat pracovník, který prokáže, že má zkušenosti jako osoba svářečského dozoru se základními technickými znalostmi podle směrnice EWF 1171 nebo s jiným rovnocenným vzděláním.</p> <p>Požadavky na jakost při svařování – standardní podle ČSN EN ISO 3834-3.</p> <p>Nedestruktivní zkoušení (NDT) dle výrobní normy v souladu s ČSN EN 12 062 + Změna A1, A2.</p> <p>Svařovací postupy WPS dle ČSN EN ISO 15 607, ČSN EN 15 609-1 až 5, ČSN EN ISO 15 614-1 až 13.</p> <p>Tolerance přesnosti dle ČSN EN ISO 13 920.</p> <p>Doporučení pro svařování dle ČSN EN 1011-část 1 až 8.</p>
<p>1) jen ocelové komíny, pro všechny ostatní stavební díly jen ve spojení s obecným povolením stavebního dozoru</p> <p>2) sériová výroba znamená, že výrobce opakovaně vyrábí srovnatelné stavební díly, s jednoznačným stanovením tvaru nosné konstrukce, druhu oceli, metody svařování a typu svarových spojů</p>	

Třída D:

Rozsah platnosti	Požadavky
<p>Převážně statické namáhání.</p> <p>Všechny materiály použitelné podle této normy (CR ISO 15 608, ČSN 05 0323).</p> <p>Výrobní tloušťky dle směrodatných technických pravidel dané aplikace.</p> <p>Svařovací metody : ruční, částečně a plně mechanizované a automatické přivařování svorníků podle ČSN EN ISO 14 555).</p> <p>Všechny převážně staticky namáhané stavební díly pro konstrukce dimenzované podle základních norem pro ocelové konstrukce a podle právě platných odborných norem pro ocelové konstrukce.</p> <p>(dle ČSN 73 2601 + Změna a), 2, 3, Oprava ČSN P ENV 1090-1, ČSN P ENV 1993-1-1 + Změna 1, A1, A2), ČSN EN ISO 17 660 – 1 a 2</p>	<p>Použití mohou být jen svářeči nebo svářečští operátoři s platnými zkouškami podle ČSN EN 287-1, event. ČSN EN ISO 9606-2,3,4,5 nebo ČSN EN 1418, ČSN EN ISO 17 660 – 1 a 2 . Rozsah platnosti zkoušek musí pokrývat vykonávané svářečské práce svářeče nebo operátora. Pro trubkové uzly je nutná doplňková zkouška podle DIN 18 808, ČSN P ENV 1090-1.</p> <p>Pro svářečský dozor musí mít podnik minimálně jednoho stálého pracovníka svářečského dozoru dle ČSN EN ISO 14 731 s obsáhlými technickými znalostmi podle směrnice EWF 1173 nebo s jiným zcela rovnocenným vzděláním.</p> <p>Při sériové (1) výrobě může funkci svářečského dozoru vykonávat pracovník, který prokáže, že má zkušenosti jako osoba svářečského dozoru se speciálními technickými znalostmi podle směrnice EWF 1172 nebo jiné rovnocenné vzdělání.</p> <p>Požadavky na jakost při svařování – standardní podle ČSN EN ISO 3834-3.</p> <p>Nedestruktivní zkoušení (NDT) dle výrobní normy v souladu s ČSN EN 12 062 + Změna A1, A2.</p> <p>Svařovací postupy WPS dle ČSN EN ISO 15 607, ČSN EN 15 609-1 až 5, ČSN EN ISO 15 614-1 až 13.</p> <p>Tolerance přesnosti dle ČSN EN ISO 13 920.</p> <p>Doporučení pro svařování dle ČSN EN 1011-část 1 až 8.</p>
<p>1) sériová výroba znamená, že výrobce opakovaně vyrábí srovnatelné stavební díly, s jednoznačným stanovením tvaru nosné konstrukce, druhu oceli, metody svařování a typu svarových spojů</p>	

Třída E:

Rozsah platnosti	Požadavky
<p>Všechny materiály použitelné podle této normy (CR ISO 15 608, ČSN 05 0323).</p> <p>Výrobní tloušťky dle směrodatných technických pravidel dané aplikace.</p> <p>ČSN 73 6205</p> <p>Svařovací metody : ruční, částečně a plně mechanizované a automatické (přivařování svorníků podle ČSN EN ISO 14 555).</p> <p>Všechny stavební díly podle třídy B a nikoliv převážně staticky namáhané stavební díly pro konstrukce podle následujících technických pravidel:</p> <ul style="list-style-type: none"> - DS 804, ČSN 73 2603 – Ocelové mostní konstrukce - DIN 18 809 - DIN 4131, ČSN 73 2601 + Změna a), 2, 3, Oprava, nosné konstrukce antén s požadavkem průkazu provozní pevnosti - DIN 4132, ČSN 73 5130, ČSN 27 0140-1 až 6 jeřábové dráhy, nosné ocelové konstrukce - DIN 4133, ČSN 73 4201 ocelové komíny, rozměr. pásmo I - DIN 4112, ČSN 73 1401 + Z 1, 2 pohyblivé stavby s požadavkem průkazu provozní pevnosti - Jiné srovnatelné dynamicky namáhané konstrukce (dle ČSN 73 2601 + Změna a), 2, 3, Oprava ČSN P ENV 1090-1, ČSN P ENV 1993-1-1 + Změna 1, A1, A2), ČSN EN ISO 17 660 – 1 a 2 	<p>Použití mohou být jen svařeči nebo svařečtí operátoři s platnými zkouškami podle ČSN EN 287-1, event. ČSN EN ISO 9606-2,3,4,5 nebo ČSN EN 1418, ČSN EN ISO 17 660 – 1 a 2. Rozsah platnosti zkoušek musí pokrývat vykonávané svařečské práce svařeče nebo operátora. Pro trubkové uzly je nutná doplňková zkouška podle DIN 18 808, ČSN P ENV 1090-1.</p> <p>Pro svařečský dozor musí mít podnik minimálně jednoho stálého pracovníka svařečského dozoru dle ČSN EN ISO 14 731 s obsáhlými technickými znalostmi podle směrnice EWF 1173 nebo s jiným zcela rovnocenným vzděláním.</p> <p>Požadavky na jakost při svařování – vyšší požadavky podle ČSN EN ISO 3834-2.</p> <p>Nedestruktivní zkoušení (NDT) dle výrobové normy v souladu s ČSN EN 12 062 + Změna A1, A2.</p> <p>Svařovací postupy WPS dle ČSN EN ISO 15 607, ČSN EN 15 609 – 1 až 5, ČSN EN ISO 15 614-1 až 13.</p> <p>Tolerance přesnosti dle ČSN EN ISO 13 920.</p> <p>Doporučení pro svařování dle ČSN EN 1011-část 1 až 8.</p>

Tabulka platí i pro provádění strojních, zdvihacích, stavebních, tlakových, plynových zařízení i výrobků.

8.1.3. Svařečský dozor a inspekce [18]

Pracovníci svařečského dozoru (svařečský inženýr – EWE, svařečský technolog – EWT a svařečský specialista – EWS) jsou odborně způsobilí (autorizovaní) pracovníci ve firmách, kteří získali tuto kvalifikaci na základě absolvování specializačního vzdělávacího kurzu dle směrnice EWF (Evropské svařečské federace), později dle směrnice IAB (Mezinárodního autorizačního orgánu).

Svařečský dozor má stanoveny úkoly, odpovědnosti a činnosti technickou normou ČSN EN ISO 14 731 (v souladu s ČSN EN ISO 3834 – 1 až 6, ČSN EN ISO 14 554 – 1 až 2, ČSN EN ISO 13 214, ČSN EN 1011 – 1 až 8 a které jsou uvedeny také v příručce jakosti firem (výrobce).

Výrobce svařovaných konstrukcí a zařízení musí písemně jmenovat do funkce nejméně jednoho oprávněného (odborně způsobilého) pracovníka svařečského dozoru, který je v pracovně právním vztahu.

svařečský dozor je komplexně odpovědný za oblast zvláštního technologického procesu a za činnosti související se svařováním při provádění svařovaných výrobků.

Úkoly a odpovědnosti.

Svářečský inženýr (I/EWE)

-provádí plánování, komplexní dozor, kontrolu a přejímky při výrobě náročných (složitých) svařovaných výrobků (konstrukcí a zařízení), kde jsou požadavky úplné (vyšší) technické znalosti dle ČSN EN ISO 14 731 čl. 6.2. a vyšší (standardní) požadavky na jakost dle ČSN EN ISO 3834 – 2(3), v souladu s ČSN P ENV 1090 – 1 příloha E, čl. E.1, tab. E1; ČSN 73 2601 čl. 5.4, ČSN EN 12732, eventuelně s jinými výrobními normami.

Svářečský technolog (I/EWT)

-provádí plánování, komplexní dozor, kontrolu a přejímky při výrobě svařovaných výrobků (konstrukcí a zařízení), kde jsou požadovány specifické (speciální) technické znalosti dle ČSN EN ISO 14 731 čl. 6.2 a standardní (vyšší) požadavky na jakost dle ČSN EN ISO 3834 – 3(2), v souladu s ČSN P ENV 1090 – 1 příloha E, čl.E1, tab. E1, ČSN 732601 čl. 5.4, ČSN EN 12732, eventuelně jinými výrobními normami.

Svářečský specialista (I/EWS)

-provádí plánování, komplexní dozor, kontrolu a přejímky jen při výrobě jednoduchých svařovaných výrobků (konstrukcí), kde jsou požadovány základní technické znalosti dle ČSN EN ISO 14 731 čl. 6.2 a základní požadavky na jakost dle ČSN EN ISO 3834 – 4, v souladu s ČSN P ENV 1090 – 1 příloha E, čl.E1, tab. E1, ČSN 73 2601 čl. 5.4, ČSN EN 12732, eventuelně jinými výrobními normami.

Svářečský kontrolor (WK)

-provádí vizuální kontrolu přípravy svařování, během svařování, bezprostředně po svařování, po tepelném zpracování svarů i po opravě svarů a vystavuje protokol o vizuální kontrole, v souladu s ČSN EN 970 čl. 6, 7, 8, 9 a 10, ČSN EN 13 100 – 1 čl. 4 i ČSN EN 473, ČSN P ENV 1090 – 1 ČSN EN 12732, a jinými výrobními normami.

8.2. Postupy svařování [18]

Zkoušky postupu svařování (WPS) se provádí na základě požadavku výrobních norem, norem požadavků na jakost (systém řízení výroby i systém jakosti), požadavku kontraktu (obchodní smlouvy), nařízení vlády (NV) ČR (technických právních předpisů), evropských směrnic (Direktiv ES, EHS,...)

8.2.1. Termíny a definice:

Předběžná specifikace postupu svařování (pWPS)

-je dokument, který obsahuje požadované proměnné (parametry, podmínky), podle nichž musí být postup svařování kvalifikován pro zjištění opakované jakosti během výrobního procesu.

Specifikace svařování (WPS)

-je dokument, který byl kvalifikován jedním ze způsobů schvalování, který poskytuje požadované proměnné postupy svařování (pájení), pro zajištění opakované požadované jakosti ve výrobě.

Specifikace postupu svařování obsahuje údaje o průběhu činností před svařováním, v průběhu a po skončení zhotovování svarového spoje. Uvádí se odkazy na metodu svařování, materiály základní, přídatné a pomocné na přípravu svarových ploch, předehřev, eventuelně interpass teplotu, skladbu housenek a vrstev svaru, na řízení procesu svařování, na tepelné zpracování po svařování a na nezbytné použité zařízení.

Pracovní instrukce

-je zjednodušená specifikace postupu svařování, která je vhodná k přímému použití v dílně pro daný typ svarového spoje.

Protokol o kvalifikaci postupu svařování (WPQR)

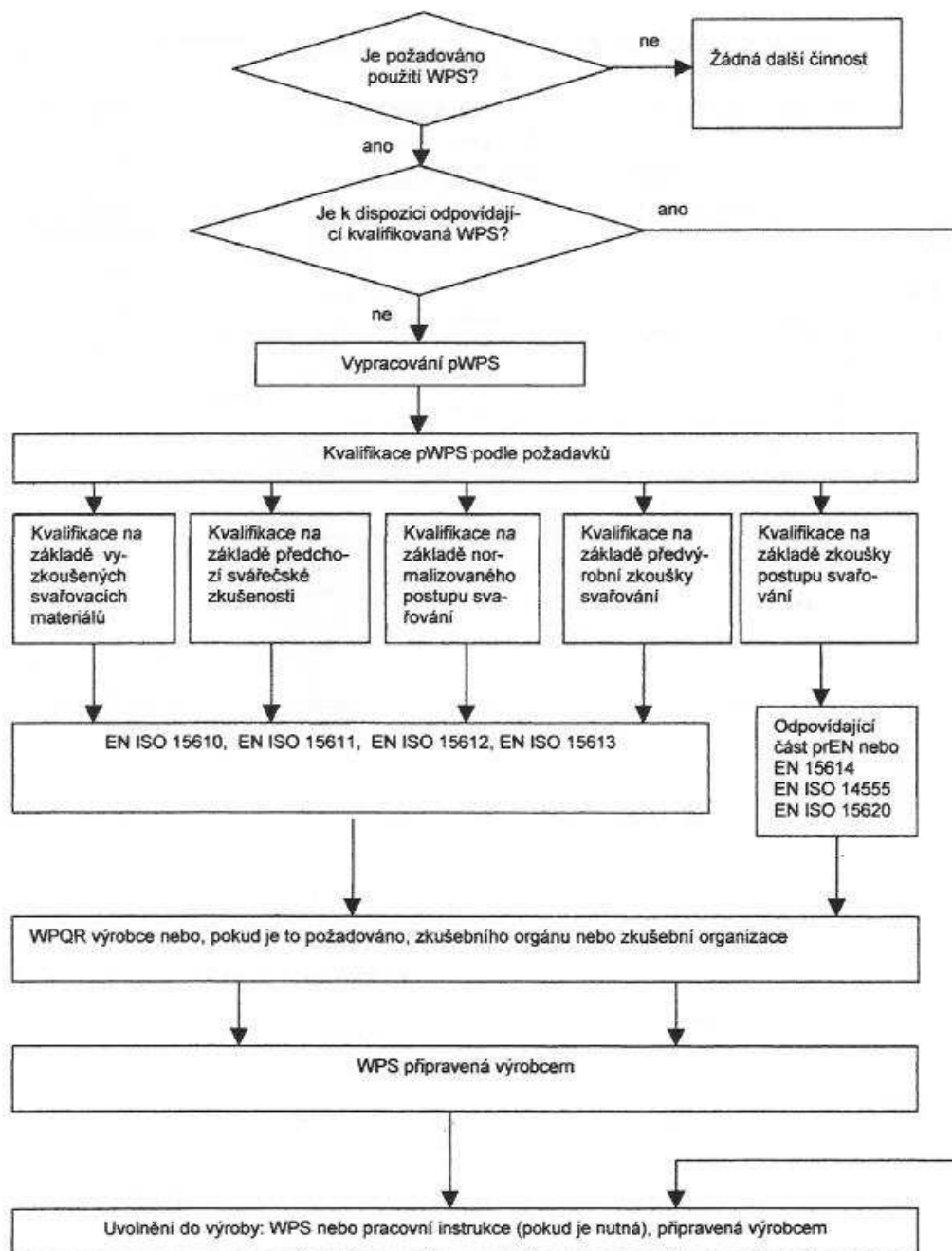
-zahrnuje všechny údaje, které jsou nutné pro kvalifikaci (schválení) předběžné specifikace pWPS

Podrobné rozdělení norem pro stanovení a kvalifikaci postupu svařování [19]

tab. 9. Podrobné rozdělení norem pro stanovení a kvalifikaci postupu svařování [19]

Metoda	Obloukové svařování	Plamenové svařování
Všeobecná pravidla	EN ISO 15607	
Směrnice pro zařazení do skupin	CR ISO/TR 15606	
WPS	EN ISO 15609-1	EN ISO 15609-2
Vyzkoušené svařovací materiály	EN ISO 15610	
Předchozí svářečská zkušenost	EN ISO 15611	
Normalizovaný postup	pr EN ISO 15612	
Předvýrobní zkouška	EN ISO 15613	
Zkouška postupu svařování	pr EN ISO 15614 část 1: Ocel/nikl část 2: Hliník část 3: Litina část 4: Oprava hliníkových odlitků svařováním část 5: Titan/zirkon část 6: Měď část 7: Navařování část 8: Trubky do trubkovnice část 9: Hyperbarické za mokra část 10: Hyperbarické za sucha	pr EN ISO 15614 část 1: Ocel/nikl část 3: Litina část 6: Měď část 7: Navařování

Postupový diagram pro vypracování a kvalifikaci WPS [19]



8.2.2. Kvalifikace postupů [19]

Kvalifikace postupu svařování musí být provedena před vlastním svařováním ve výrobě

Kvalifikace na základě vyzkoušených svařovacích materiálů (ČSN EN ISO 15610)

Některé materiály podstatně nezhoršují své vlastnosti v TOO. V takovém případě může být použit tento způsob kvalifikace.

EN ISO 15610 definuje způsob kvalifikace použitím vyzkoušených svařovacích materiálů pro:

- obloukové svařování
- plamenové svařování

Kvalifikace na základě předchozí svářečské zkušenosti (ČSN EN ISO 15611)

Výrobce může získat kvalifikaci pWPS na základě předchozí svářečské zkušenosti za podmínky, že se může prokázat skutečnými podklady, nezávisle posouzenými, že již dříve takový druh spoje a materiály svařoval s vyhovujícím výsledkem.

EN ISO 15611 definuje způsob kvalifikace na základě předchozí svářečské zkušenosti pro:

- obloukové svařování
- plamenové svařování
- elektronové svařování
- laserové svařování
- odporové svařování

Kvalifikace na základě normalizovaného postupu svařování (ČSN EN ISO 15612)

pWPS, která je připravená výrobcem, je kvalifikována, jestliže rozmezí všech proměnných je v přípustném rozsahu normalizovaného postupu svařování.

Normalizovaný postup svařování musí být vydaný jako specifikace na formuláři WPS nebo WPQR, na základě kvalifikace podle odpovídající části prEN ISO 15614 pro zkoušky postupu svařování. Vydání a změny normalizovaných postupů svařování musí být provedeny zkušebním orgánem nebo zkušební organizací, kteří mají odpovědnost za provedení původní kvalifikace.

prEN ISO 15614 definuje způsob kvalifikace použitím normalizovaného postupu svařování pro:

- obloukové svařování
- plamenové svařování
- elektronové svařování
- laserové svařování
- odporové svařování

Kvalifikace na základě předvýrobní zkoušky svařování (ČSN EN ISO 15613)

Pro některé postupy svařování je spolehlivý pouze ten způsob kvalifikace, u kterého výsledné vlastnosti svaru přesně závisí na určitých podmínkách, jako je druh součásti, speciální omezující podmínky, odvod tepla apod., které nemohou být napodobeny normalizovanými zkušebními kusy.

Kvalifikace na základě předvýrobní zkoušky svařování může být použita tam, kde tvar a rozměry normalizovaných zkušebních kusů nedostatečně reprezentují spoje, které mají být svařovány, např. spojovací svar k tenké trubce. V těchto případech musí být zhotoveny jeden nebo více speciálních zkušebních kusů, které napodobují výrobní spoj ve všech základních charakteristických vlastnostech. Zkouška musí být provedena před zahájením výroby a za podmínek používaných ve výrobě.

EN ISO 15613 definuje způsob kvalifikace na základě předvýrobní zkoušky svařování pro:

- obloukové svařování
- plamenové svařování
- elektronové svařování
- laserové svařování
- odporové svařování

Kvalifikace na základě zkoušky postupu svařování (ČSN EN ISO 15614)

Zkouška postupu svařování může být požadována vždy, když jsou pro dané použití rozhodující vlastnosti zkušebního kusu.

Jednotlivé části EN ISO 15614 definují zkoušky postupu svařování pro:

- obloukové svařování
- plamenové svařování
- elektronové svařování
- laserové svařování
- odporové svařování

Specifikace postupu svařování WPS (obloukové svařování) Příloha 2
Soupis WPQR a WPS – kvalifikačních protokolů viz Příloha 8

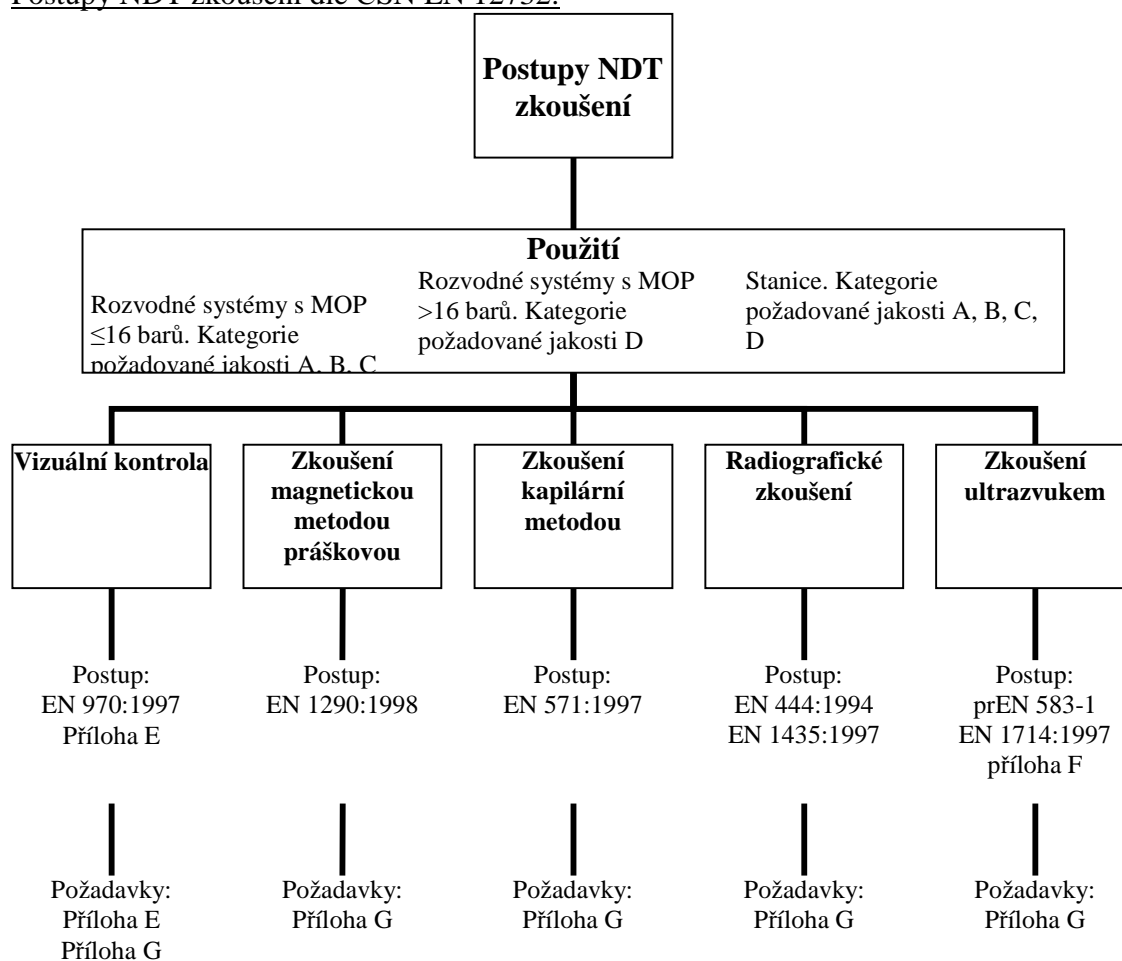
9. Kontrola a zkoušení

Zkoušení svarů se provádí buď nedestruktivním způsobem (NDT), kdy nedochází k poškození svaru ani svařované konstrukce a destruktivním způsobem (DT) při němž dochází ke zničení vzorku, na kterém se svar nachází.

Vzor pro plán kontrol svarů uveden v příloze 9.

9.1. Metoda NDT svarových spojů [20,10]

Postupy NDT zkoušení dle ČSN EN 12732:



obr. 16. Postupy NDT zkoušení a přijímací kritéria dle ČSN EN 12732 obrázek 1

9.1.1. Vizualní kontrola (VT):

Vizuální kontrola patří mezi nejjednodušší metody kontroly, při níž se zjišťují povrchové vady (póry, trhliny, praskliny, nerovnoměrnosti svaru, převýšeniny svaru apod.) a ověřuje se splnění podmínek stavu povrchu pro další předepsanou NDT kontrolu.

Podle použitých kontrolních prostředků se dále rozlišuje vizuální kontrola na:

-přímou:

-kontrola se provádí pouhým okem nebo lupou při zvětšení 2-5x. Použití metody je pouze na dostupném povrchu.

-nepřímou:

-kontrola je prováděna pomocí optických nebo optoelektronických přístrojů a zařízení, tzv. endoskopů. Používá se pro kontrolu nepřístupných povrchů, které nejsou dostupné z hlediska geometrie, ale i z důvodů ohrožení zdraví pracovníků.

Metodika zkoušení:

Kontrola se provádí na svarech po jejich úplném dokončení v rozsahu 100 % všech povrchů svarů a přilehlé tepelně ovlivněné oblasti a základního materiálu v šířce minimálně 50 až 75 mm na obě strany od předpokládané osy svaru.

Před prováděním vizuální kontroly musí být z povrchu kontrolované oblasti odstraněny všechny nečistoty, které by omezovaly nebo zhoršovaly podmínky provedení a vyhodnocení kontroly.

9.1.2. Magnetická metoda prášková (MT) :

Fyzikální podstatou této metody je chování zkoumaných materiálů v magnetickém poli. Tato metoda slouží ke zjišťování povrchových necelistvostí. Navíc umožňuje zjistit i necelistvosti ležící těsně pod povrchem, tedy s povrchem přímo nespojené. Neklade takové nároky na přípravu zkoušeného povrchu a jeho čistotu, necelistvosti mohou být vyplněny i nemagnetickým materiálem. Určitým omezením je, že touto metodou lze zkoušet pouze materiály feromagnetické, tedy oceli obvyklé jakosti.

Metoda je založena na skutečnosti, že ve zmagnetovaném feromagnetickém materiálu se v místě necelistvosti nebo náhlé změny magnetických vlastností zvýší magnetický odpor, který způsobí deformaci šířícího se magnetického pole označovanou jako rozptyl. Rozptylem se rozumí ta část magnetického toku, která probíhá mimo předpokládanou dráhu. Závisí především na velikosti, tvaru a poloze necelistvosti ve zkoušeném předmětu a na stavu jeho zmagnetování. Zjistit lze pouze necelistvosti přibližně kolmé na směr budícího magnetického pole. Necelistvosti rovnoběžné s tímto polem se nezjistí, protože šířící pole nenarušují.

Metodika zkoušení:

Nutnou podmínkou při použití těchto metod je počáteční vybuzení magnetického pole ve zkoušeném předmětu a vznik rozptylového pole v místě necelistvosti.

Vlastní provedení zkoušek se skládá z následujících operací:

- úprava povrchu pro zkoušku
- magnetování zkoušeného předmětu
- detekce rozptylového pole (detekce necelistvostí)
- vyhodnocení
- odmagnetování

9.1.3. Penetrační metoda – kapilární (PT) :

Podstatou penetračních metod je použití vhodné, kapilárně aktivní kapaliny, která pronikne do necelistvosti a po odstranění jejího přebytku z povrchu zkoušeného materiálu vzlíná vlivem kapilárních sil, takže necelistvosti zviditelní. Vzhledem k fyzikálnímu principu lze tímto způsobem zjišťovat pouze vady, které jsou bezprostředně na povrchu zkoušené součásti a jsou na povrchu otevřené, aby do nich mohla vniknout detekční kapalina. Při kontrole svarových spojů jde příkladně o zjišťování povrchových trhlin, studených spojů, zápalů, pórů, případně hodnocení těsnosti svarů malých tloušťek. Zkoušet lze všechny materiály, kovové i nekovové, mimo porézních a některých plastů, které se porušují účinkem organického činidla penetrantu.

Metodika zkoušení:

Kapilární metody se rozdělují z hlediska druhu vytvořené indikace a způsobu hodnocení na:

Metodu barevné indikace

-přítomnost vady se projeví vznikem kontrastní barevné indikace (většinou červené na bílém podkladě). Hodnocení se provádí při denním nebo umělém bílém osvětlení.

Metodou fluorescenční

-vada se projeví světélkující indikací, vyvolanou černým světlem (filtrované UV záření o vlnové délce 320 až 400 nm).

Metodu dvouúčelovou

-použitý penetrant obsahuje fluorescenční látku (luminofor), která je zároveň barvivem. Metoda může být použita jako barevná nebo jako fluorescenční.

Penetrační prostředky se dělí na:

Penetranty

- jsou to detekční kapaliny

Vývojky

- činidla, které se nanášejí na zkoušený povrch po odstranění přebytku penetrantu

Odmašťovače a čističe

- odmašťovače jsou činidla, umožňující odstraňovat mastnoty z povrchu zkoušeného předmětu před nanášením penetrantu
- čističe jsou kapaliny k odstranění přebytku penetrantu ze zkoušeného povrchu

Emulgátory

- jsou povrchově účinné látky snižující povrchové napětí kapalin, v penetračních zkouškách usnadňují odstranění přebytku penetrantu z povrchu zkoušené součásti

Postup zkoušení:

1. Příprava povrchu pro zkoušku
2. Nanesení penetrantu na zkoušený povrch
3. Odstranění přebytku penetrantu
4. Vyvolání indikace
5. Vyhodnocení
6. Záznam indikací pro dokumentaci
7. Čištění po zkoušce

9.1.4. Radiologická metody - prozařovací (RT)

Princip metod spočívá v interakci použitého pronikavého záření (rtg, gama, urychlovačů) s hmotou kontrolovaného výrobku a v následném zviditelnění prošlého záření za kontrolovaným výrobkem vhodným detektorem.

Podle použitého detektoru záření se radiologické metody dělí na:

Radioskopické:

Radioskopické systémy umožňují zobrazování v reálném čase a okamžité prohlížení prozářeného obrazu, flexibilní nastavení směru prozařování a perspektivy v digitálním zpracování obrazu vedou až k automatickému vyhodnocování.

Radiografické:

Radiografie je nejrozšířenější metodou kontroly prozařováním. Je založena na principu zachycení účinku prošlého záření kontrolovaným předmětem na speciální fotografický film, čímž se získává trvalý záznam obrazu vnitřních vad výrobku, tzv. radiogram.

Radiometrické:

Radiometrie je metoda měření lokálních změn intenzity záření, která projde pouze určitou částí prozařovaného předmětu. K registraci prošlého záření se používá speciálních dozimetrických přístrojů, které jsou citlivé na změny intenzity pronikavého záření. metoda nachází uplatnění v oblasti měření tloušťek materiálu, měření hustoty kapalin apod.

9.1.5. Metody ultrazvukové (UT)

Podstatou akustických metod obecně jsou elastické kmity látky, které se šíří od místa k místu rychlostí, závislou na mechanických vlastnostech prostředí a nepřesahují rámec plastické deformace.

Zkoušení materiálů ultrazvukem je založeno na šíření akustického vlnění zkoušeným předmětem a registraci změn, vyvolaných ve zkoušeném prostředí jeho

interakcí na rozhraní mezi dvěma prostředími s rozdílnými akustickými vlastnostmi, tj. homogenním prostředím materiálu a heterogenitou (vada – bublina , vměstek, trhлина apod.)

Metody zkoušení:

Metoda průchodová:

- základem metody je měření hodnoty ultrazvukové energie, která projde zkoušeným předmětem. Pracuje se dvěma ultrazvukovými sondami, které se umísťují vždy souose na protilehlých površích vyšetřovaného materiálu, z nichž jedna pracuje jako vysílač a druhá jako přijímač ultrazvukové energie.

Metoda je vhodná pro zkoušení výrobků přístupných z obou stran s rovnoběžnými povrchy a menších tloušťek.

Metoda odrazová impulsová:

-je nejrozšířenější v nedestruktivním zkušebnictví ultrazvukem. Je založena na pulzní činnosti. Do kontrolovaného předmětu se vysílají krátké ultrazvukové impulzy, které se odrážejí od protilehlého povrchu předmětu a jeho vnitřních vad. Po odrazu se ultrazvukové vlny vrací buď na tutěž nebo druhou sondu, která pracuje jako přijímač.

9.1.6. Rozsah zkoušení podle ČSN EN 12 732 tabulka 10:

tab. 10. rozsah NDT zkoušení dle ČSN EN 12 732

Kategorie požadované jakosti	Druh svaru	Vizuální kontrola	Zkoušení radiografické nebo ultrazvukem	Zkoušky povrchových trhlin
A	Obvodové svary	Poznámka 2	Poznámka 2, 3	
	Koutové svary			
	Podélné svary			
	Potrubní mosty, volně kladená mostní potrubí, křížení potrubí se železnicí, vodní toky splavnými pro lodě s přístavními moly nebo rampami	100%	pozn. 4	
B	Obvodové svary	pozn. 2	pozn. 2	pozn. 2
	Koutové svary na odbočkách a nátrubcích	pozn. 2		
	Podélné svary	100%	10%	
	Potrubní mosty, volně kladená mostní potrubí, křížení potrubí se železnicí, vodní toky splavnými pro lodě s přístavními moly nebo rampami	100%	pozn. 4	
C	Obvodové svary	20%	10%	10%
	Koutové svary na odbočkách a nátrubcích	100%		
	Podélné svary	100%	100%	
	Svary nepodrobené tlakové zkoušce	100%	100%	
	Potrubní mosty, volně kladená mostní potrubí, křížení potrubí se železnicí, vodní toky splavnými pro lodě s přístavními moly nebo rampami	100%	100%	

D	Obvodové svary	100%	20%	20% pozn. 4
	Koutové svary na odbočkách a nátrubcích	100%	pozn.7	
	Podélné svary	100%	100%	
	Svary nepodrobené tlakové zkoušce	100%	100% pozn. 6	
	Plynovody nebo zařízení v zastavěných oblastech	100%	100%	
	Potrubní mosty, volně kladená mostní potrubí, křížení potrubí se železnicí, vodní toky splavnými pro lodě s přístavními moly nebo rampami	100%	100%	

Poznámky k tabulce:

- 1 – podíl obou NDT zkušebních metod musí být dohodnut
- 2 – reprezentativní namátková zkouška založená na celkovém počtu svarů svářeče v průběhu roku
- 3 – u svářečů, kteří mají oprávnění jen pro svařování plamenem (č. 311) nebo pouze pro provádění koutových svarů. Platí destruktivní zkouška tahem nebo ohybem jednoho svaru na stanovišti za rok
- 4 – rozsah NDT musí stanovit provozovatel plynovodu s přihlédnutím ke konstrukčním podmínkám např.
 - vnější dodatečné zatížení k vnitřnímu tlaku
 - podpěry potrubí
 - tepelná roztažnost
- 5 – při použití nedostatečně provařených svarů může provozovatel plynovodu požadovat 100 %
- 6 – svary musí být 100 % zkoušeny dvěma zkušebními metodami
- 7 – provozovatel plynovodu má vzít v úvahu tyto zkušební postupy zejména pro odbočky a objímky

9.2. Metoda DT svarových spojů [21]

9.2.1. Zkouška tahem

Základní zkouškou pro ověření pevnostních a plastických vlastností je zkouška tahem. Zkouška spočívá v deformaci zkušební tyče tahovým zatížením, obvykle do přetržení, pro stanovení jedné nebo více mechanických vlastností, zejména:

- pevnosti v tahu R_m
- meze kluzu R_e
- smluvní meze kluzu R_p
- tažnosti A v %
- kontrakce Z v %

Princip zkoušky:

Princip zkoušky tahem spočívá v použití normalizované tyče (kruhového nebo obdélníkového průřezu), která je opatřena hlavou pro uchycení v čelistech trhacího stroje. Ve zkušebním trhacím stroji dochází za definovaných podmínek k natahování zkušební tyče mezi dvěma příčníky od nulového zatížení, až po její přetržení.

9.2.2. Zkouška rázem v ohybu

Výsledky této zkoušky vypovídají o chování materiálu, případně svarového spoje konstrukce nebo zařízení, z hlediska odolnosti proti křehkému porušení.

Princip zkoušky:

Princip zkoušky rázem v ohybu spočívá v přeražení zkušební tyče jedním nárazem Charpyho kyvadlového kladiva. Zkušební tyč, základního normalizovaného rozměru 10x10x55 mm, má uprostřed V nebo U vrub různých rozměrů a je proložena na dvou podporách. Při tom je vrub umístěn na odvrácené straně úderu kladiva.

9.2.3. Zkoušky tvrdosti

Společně se zkouškou tahem a zkouškou rázem v ohybu jsou zkoušky tvrdosti základními destruktivními zkouškami kovových materiálů. Jejich podstatou je měření odporu materiálu proti statickému a dynamickému vnikání tělesa.

9.2.3.1. Brinellova zkouška

Podstata zkoušky spočívá v tom, že se ocelová kalená kulička , nejčastěji o průměru 10 mm vtlačuje předepsaným zatížením do zkoušeného materiálu. Vznikne trvalý otisk, jehož průměr d se po odlehčení opticky změří a vypočítá se plocha vtisku. Výpočet tvrdosti podle Brinella:

$$HB = 0,102 \cdot \frac{2F}{\pi \cdot D \cdot \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)} \quad (9.1)$$

kde

D	je průměr kuličky [mm]
F	je zkušební zatížení [mm]
d	je střední průměr vtisku [mm]
d_1, d_2	jsou průměry vtisku měřené ve dvou vzájemně kolmých směrech [mm]
h	je hloubka vtisku [mm]

9.2.3.2. Zkouška tvrdosti podle Vickerse

Podstata zkoušky spočívá v tom, že diamantové vnikající těleso ve tvaru pravidelného čtyřbokého jehlanu se čtvercovou základnou a s daným vrcholovým úhlem α a mezi protilehlými stěnami je vtlačováno silou F do povrchu zkušebního tělesa. Následně je měřena úhlopříčka vtisku, která zůstane po odlehčení zkušebního zatížení.

Výpočet tvrdosti podle Vickerse:

$$HV = 0,012 \cdot \frac{2F \cdot \sin \frac{136^\circ}{2}}{d^2} = 0,1891 \cdot \frac{F}{d^2} \quad (9.2)$$

kde

- α je vrcholový úhel jehlanu vnikacího tělesa [°]
 F je zkušební zatížení [N]
 d je aritmetický průměr dvou délek úhlopříček d_1 a d_2 [mm]

9.2.3.3. Zkouška tvrdosti podle Rockwella

Podstata zkoušky spočívá ve vtlačování vnikacího tělesa (diamantového kužele, ocelové nebo tvrdokovové kuličky) do povrchu zkušebního tělesa ve dvou krocích za určitých podmínek. Měří se trvalá hloubka vtisku h při předběžném zatížení po odstranění přídavného zatížení.

Výpočet tvrdosti podle Rockwella:

$$HRC = N - \frac{h}{S} \quad (9.3)$$

kde

- h je hloubka vtisku [mm]
 N, S jsou konstanty

9.2.4. Destruktivní zkouška svaru na staveništi [10]

Zkoušení se provádí dle ČSN EN 15614-1

tab. 11. nejmenší počet zkoušených svarů v závislosti na délce plynovodu dle ČSN EN 12 732 tabulka 5

Délka plynovodu (v Km)	Počet vzorků
$1 < L \leq 10$	1
$1 < L \leq 50$	2
$L > 50$	2 plus 1 další vzorek na každých započtených 50 Km

10. Závěr

Na základě uvedených literatur jsem provedl rozbor požadavků z hlediska norem, zákonů a nařízení vlády při přípravě, provádění a kontrole svařování při výrobě konstrukcí v plynárenství. Při svařování uvedených konstrukcí se nejčastěji jako základní materiál používá nízkouhlíková ocel. Postup a technologie svařování se provádí dle příslušných norem na základě toho, které svařování je pro daný výrobek nejefektivnější dle ceny a požadované kvality svarového spoje a pro jaký tlak bude plynové zařízení používáno. Základní norma ze které se vychází je ČSN EN 12732 – Zásobování plynem-Svařované ocelové potrubí-Funkční požadavky. Dále ze směrnice Evropského parlamentu a rady 97/23 ES (PED) o sbližování právních předpisů členských států týkajících se plynových zařízení a další potřebné normy na danou problematiku navazující. Se vstupem ČR do EU byly původní ČSN upraveny nebo doplněny v souladu s příslušnými normami Evropské unie.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] AMBROŽ, Oldřich, KANDUS, Bohumil, KUBÍČEK, Jaroslav. *Technologie svařování a zařízení*. Ostrava : Zerros ANB, 2001. 395 s. ISBN 80-85771-81-0.
- [2] FOLDYNA, Václav, et al. *Materiály a jejich svařitelnost*. 2001. vyd. Ostrava : Zerros ANB, 2001. 292 s. ISBN 80-85771-85-3.
- [3] MAJER, Lubomír, et al. *Navrhování a posuzování svařovaných konstrukcí a tlakových zařízení*. Ostrava : Zerros ANB, 1999. 249 s. ISBN 80-85771-70-5. [4] tds 2006 str.5
- [4] KUDĚLKA, Vladimír. Legislativa ČR pro provádění ocelových konstrukcí a technických zařízení (výrobků). In *Dokumentační, výrobní, kontrolní a zkušební procesy při provádění výrobků, konstrukcí a technických zařízení : dle technických norem ČR a EU i technických výrobových norem ČSN, EN, ISO event. DIN, ASME aj.*. Brno : TDS BRNO-SMS, s.r.o., 2006. s. 5-16. ISBN 80-903386-5-8.
- [5] KADRNA , Petr. Posuzování shody tlakových zařízení dle nařízení vlády Č.26/2003. In *Dokumentační, výrobní, kontrolní a zkušební procesy při provádění výrobků, konstrukcí a technických zařízení : dle technických norem ČR a EU i technických výrobových norem ČSN, EN, ISO event. DIN, ASME aj.*. Brno : TDS BRNO-SMS, s.r.o., 2006. s. 220-223. ISBN 80-903386-5-8.
- [6] VONDRA, Miroslav. Přehled výrobových norem pro kovové konstrukce výrobků a technická zařízení. In *Technické, bezpečnostní, kvalitativní, ekologické a právní požadavky na výrobky dle evropských směrníc a výrobových norem*. Brno : TDS BRNO-SMS, s.r.o., 2007. s. 291-298. ISBN 80-903386-8-2.
- [7] KUDĚLKA, Vladimír. Technická bezpečnost vybraných výrobků a stanovení výrobků k posuzování shody, vyhrazených technických zařízení : kovových konstrukcí stavebních, strojních, zdvihacích, tlakových, plynových, chemických i energetických technických zařízení. In *Bezpečné výrobky a jejich provoz z aspektu systému řízení výroby výrobních firem i provozovatelů dle požadavků technických norem a legislativních předpisů ČR a EU norem*. Brno : TDS BRNO-SMS, s.r.o., 2008. s. 24-34. ISBN 978-80-87102-00-8.
- [8] BABINSKÝ, Milan. Tlaková zařízení-technicko bezpečnostní požadavky. In *Technické, bezpečnostní, kvalitativní, ekologické a právní požadavky na výrobky dle evropských směrníc a výrobových norem*. Brno : TDS BRNO-SMS, s.r.o., 2007. s. 58-64. ISBN 80-903386-8-2.
- [9] KUDĚLKA, Vladimír, et al. *Bezpečnostní předpisy při svařování elektrickým obloukem*. Brno : TDS BRNO-SMS, s.r.o., 2006. 46 s. ISBN 80-903386-6-6.

[10] *Výstavba plynovodů a regulačních stanic*. Brno : TDS BRNO-SMS, s.r.o.. Leden 2007. 27 s. TPR-103-001

[11] HORKÝ, Jiří. Integrovaný systém řízení výroby a požadavky ISO 9001, ISO 14001 a OHSAS 18001. In *Dokumentační, výrobní, kontrolní a zkušební procesy při provádění výrobků, konstrukcí a technických zařízení : dle technických norem ČR a EU i technických výrobních norem ČSN, EN, ISO event. DIN, ASME aj..* Brno : TDS BRNO-SMS, s.r.o., 2006. s. 73-80 . ISBN 80-903386-5-8.

[12] KUDĚLKA, Vladimír. Prokazování jakosti (kvality) výrobků. In *Bezpečné výrobky a jejich provoz z aspektu systému řízení výroby výrobních firem i provozovatelů dle požadavků technických norem a legislativních předpisů ČR a EU norem*. Brno : TDS BRNO-SMS, s.r.o., 2008. s. 429-431. ISBN 978-80-87102-00-8.

[13] DOLÁK, František. Výrobní dokumentace bezpečného výrobku. In *Bezpečné výrobky a jejich provoz z aspektu systému řízení výroby výrobních firem i provozovatelů dle požadavků technických norem a legislativních předpisů ČR a EU norem*. Brno : TDS BRNO-SMS, s.r.o., 2008. s. 462-466. ISBN 978-80-87102-00-8.

[14] DOLÁK, František. Základní materiály pro tlaková zařízení, stavební výrobky a potrubí k zásobování plynem. In *Dokumentační, výrobní, kontrolní a zkušební procesy při provádění výrobků, konstrukcí a technických zařízení : dle technických norem ČR a EU i technických výrobních norem ČSN, EN, ISO event. DIN, ASME aj..* Brno : TDS BRNO-SMS, s.r.o., 2006. s. 260-263. ISBN 80-903386-5-8.

[15] *ČSN EN 287-1 – Svařování – zkoušky svařečů. Tavné svařování. Část 1: Oceli*. Brno : TDS BRNO-SMS, s.r.o.. Leden 2006. 2 s. TPR-100-054

[16] *Odborná způsobilost – kvalifikace svařečských pracovníků, svařečů, páječů, žárových stříkačů, operátorů, seřizovačů : dle ČSN 05 0705; ČSN EN 287-1; ČSN EN ISO 9606-2,3,4,5; ČSN EN ISO 17 660-1 a 2; ČSN EN 12 732; ČSN EN 13 067; ČSN EN 13 133; ČSN EN ISO 14 918; ČSN EN 1418*, 2008. Dostupný z WWW: <http://www.tdsbrnosms.cz/nabidka-sluzeb/ns09.doc>.

[17] *Kvalifikace výrobce pro provádění konstrukcí výrobků, včetně svařování : ČSN P ENV 1090-1 (část E), ČSN P ENV 1993-1-1, DIN 18 800 – Teil 7, z DIN 6 700, na ČSN EN 15 085, ČSN 73 2601, ev. dle jiné výrobní normy pro kovové konstrukce a technická zařízení.*, 2008. Dostupný z WWW: <http://www.tdsbrnosms.cz/technicke-informace/ti29.doc>.

[18] KUDĚLKA, Vladimír. Kvalifikace postupů svařování (WPS) a pájení (BPS) kovových materiálů - dokladování (schválení) protokoly (certifikáty WPQR (BPAR)). In *Bezpečné výrobky a jejich provoz z aspektu systému řízení výroby výrobních firem i provozovatelů dle požadavků technických norem a legislativních předpisů ČR a EU norem*. Brno : TDS BRNO-SMS, s.r.o., 2008. s. 308-317. ISBN 978-80-87102-00-8.

[19] ČSN EN ISO15607 : *Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů – Všeobecná pravidla*. Praha : Český normalizační institut, 2004. 20 s.

[20] MÍŠEK, Bohumil. *Nedestruktivní zkoušení svarových spojů*. Brno : TDS BRNO-SMS, s.r.o., 2005. 77 s.

[21] PODHORA, Jiří. *Destruktivní zkoušení základních materiálů a svarových spojů*. Brno : TDS BRNO-SMS, s.r.o., 2005. 97 s. ISBN 80-903386-4-X.

SEZNAM PŘÍLOH:

příloha 1 : Celkový přehled o požadavcích na jakost při svařování se zřetelem na ČSN EN ISO 3834 – 1 až 6

příloha 2 : Specifikace WPS pro obloukové svařování

příloha 3 : Plán výroby

příloha 4 : Údaje uváděné na výkresu – v dokumentaci svařence

příloha 5 : Svařovací plán

příloha 6 : Plán kontrol a zkoušek

příloha 7 : Výrobní postup

příloha 8 : Soupis WPS a WPQR

Všechny uvedené přílohy jsou volně ke stažení na adrese:

<http://www.tdsbrnosms.cz/technicke-informace.php>

příloha 1:

**CELKOVÝ PŘEHLED O POŽADAVCÍCH NA JAKOST PŘI SVAŘOVÁNÍ SE
ZŘETELEM NA ČSN EN ISO 3834-1 AŽ 6 (BÝVALÁ EN 729-1 AŽ 4)**

Tabulka - Celkový přehled kritérií, která napomáhají výběru odpovídající části EN ISO 3834-2, EN ISO 3834-3, EN ISO 3834-4 pro dokladování systému řízení svařování a souvisejících procesů

V Brně 01.10. 2007

Číslo	Kriterium	EN ISO 3834-2	EN ISO 3834-3	EN ISO 3834-4
1	Přezkoumání požadavků	Vyžaduje se přezkoumání		
		Je vyžadován záznam	Může být vyžadován záznam	Není vyžadován záznam
2	Přezkoumání technických podkladů	Vyžaduje se přezkoumání		
		Je vyžadován záznam	Může být vyžadován záznam	Není vyžadován záznam
3	Smluvní subdodávky	Projednáni jako u výrobce pro speciální smluvně dodávané výrobky, služby nebo činnosti. Konečná odpovědnost za jakost zůstává na výrobc		
4	Svářeči a operátoři	Je vyžadována kvalifikace		
5	Svářečský dozor	Je vyžadován		
6	Personál pro kontrolu a zkoušení	Je vyžadována kvalifikace		
7	Výrobní a zkušební zařízení	Vhodné a k dispozici podle potřeby, pro přípravu, provedení operací, zkoušení, dopravu, manipulaci a zvedání spolu se zařízením pro zajištění bezpečnosti práce a ochrannými oděvy		
8	Údržba zařízení	Je vyžadováno provádět, udržovat a dosahovat shody výrobku		
		Jsou vyžadovány dokumentované postupy a záznamy	Jsou doporučeny záznamy	Žádné zvláštní požadavky
9	Popis zařízení	Je vyžadován seznam		
10	Planování výroby	Je vyžadováno		
		Jsou vyžadovány dokumentované postupy a záznamy	Jsou doporučeny dokumentované postupy a záznamy	Žádné zvláštní požadavky
11	Specifikace postupu svařování	Je vyžadována		
12	Kvalifikace postupů svařování	Je vyžadována		
13	Zkoušení dávek svařovacích materiálů	Pokud je vyžadováno		
14	Skládování a manipulace se svařovacími / přídavnými materiály	Je vyžadován postup podle doporučení dodavatele svařovacího / přídavného materiálu		
15	Skládování základních materiálů	Je vyžadována ochrana před vlivem okolního prostředí, během skládování musí být zachována identifikace		
16	Teplné zpracování po svařování	Potvrzení, že byly splněny požadavky výrobkové normy nebo specifikaci		
		Jsou vyžadovány postupy, záznam a sledovanost záznamu k výrobku	Je vyžadován postup a záznam	Žádné zvláštní požadavky
17	Kontrola a zkoušení před, během a po svařování	Je vyžadováno		
18	Neshody a opatření k nápravě	Musí být zavedeno řízení neshod, jsou vyžadovány postupy pro opravy a / nebo odstranění vad		
19	Kalibrace nebo validace měřicích, kontrolních a zkušebních zařízení	Je vyžadována		
20	Identifikace v průběhu procesu	Pokud je požadována		
21	Sledovatelnost	Pokud je požadována		
22	Záznamy o jakosti	Pokud jsou vyžadovány		

příloha 2

Specifikace postupu svařování „WPS“ dle ČSN EN ISO 15609 - 1 (Obloukové svařování)						Strana: 1 Celkem: 2 Revize č.: 5
1. Výrobce :			10. Zkušební organizace :			
			TDS Brno – SMS, s.r.o. Mariánské nám. 1 617 00 Brno 			
2. Místo :	—		11. Způsob přípravy úkosu :	obrábění, broušení		
3. Číslo dokladu (WPS) :	—		12. Způsob čištění :	kartáčování, odmaštění		
4. Číslo WPQR :	—		13. Specifikace základních materiálů			
5. Číslo zkušebního kusu :	—		- materiál 1:	—		
6. Kvalifikace svářeče :	—		- materiál 2:	—		
7. Metoda svařování :	—		14. Svařovaná tloušťka [mm]:	t =		
8. Druh svaru :	—		15. Vnější průměr [mm]:	D =		
9. Údaje o přípravě svarových ploch :	—		16. Poloha svařování :			
17. Tvar spoje	18. Rozměry	19. Postup svařování				
	a [mm]					
	—					
	b [mm]					
	—					
	c [mm]					
	—					
	α [°]					
	—					
20. Parametry pro svařování						
21. Svarová housenka	1	2	3	4	5	6
22. Metoda svařování						
23. Průměr přídav. mater. [mm] - Ø						
24. Svařovací proud [A]						
25. Svařovací napětí [V]						
26. Druh proudu a polarita						
27. Přenos kovu přídavného materiálu						
28. Rychlost podáv. drátu [m.min ⁻¹]						
29. Rychl. posuvu pojezdu [m.min ⁻¹]						
30. Tepelný příkon [J.cm ⁻¹]						
31. Přídavný materiál - zařazení a značka: —						
32. Předpis pro sušení :	—		42. Údaje o podložním kroužku :	—		
33. Ochranný plyn / tavidlo :	—		43. Další informace : Rozkvy - amplituda :	—		
- ochranný plyn [l.min. ⁻¹]:	—		- frekvence a doba prodlevy :	—		
- ochrana kořene [l.min. ⁻¹]:	—		Rozkvy (max šířka housenky) :	—		
34. Wolfram elektroda, druh/průměr :	—		44. Údaje pro pulzní svařování :	—		
35. Údaje o drážkování/podlož. kořene:	—		45. Údaje pro plazmové svařování :	—		
36. Teplota předehřevu [°C] :	—		46. Úhel nastavení bořáku :	—		
37. Interpass teplota [°C] :	—		47. Druh automatu a svař. hlavy :	—		
38. Tepelné zpracování / stárnutí :	—		48. Prokování svaru :	—		
39. Doba, teplota, postup :	—		49. Poznámky :	—		
40. Rychlost ohřevu a chlazení :	—		Terminologie v Angličtině a Němčině viz druhá strana	—		
41. Vzdálenost elektrody (kontaktní špičky) od základního materiálu [mm] :	—		„English“ on second side, „Deutsch“ siehe Rückseite	—		
50. Výrobce			52. Zkušební orgán nebo technická dozorčí (inspekční) organizace			
51. datum, jméno, podpis a razítko svářečského dozoru			53. datum, jméno, podpis a razítko zkušebního orgánu			

příloha 3:

PLÁN VÝROBY – PLÁN JAKOSTI								
NÁZEV VÝROBKU:			VÝROBKOVÁ NORMA:					
Dokumentace - projekční č. - výrobní č. - montážní č.	Dokumentace technologická - výrobní postupy - technologické postupy	Specifikace materiálů, identifikace	Stroje a zařízení - pro výrobu - pro technologické operace	Dokumentace - kontrolní č. - zkušební č. - inspekční č.	Personál - výrobní - kontrolní - zkušební	Neshody - řešení - kontrola - zkoušení	Zařízení - pro kontrolu - pro zkoušení	

Zpracoval: TDS Brno – SMS, s.r.o.

*Razítko a podpis pracovníka řízení jakosti:
(event. svářečského dozoru)*

příloha 4:



TDS Brno – SMS, s.r.o.

Mariánské nám. 1, 617 00 Brno, Morava, Česká republika (CZ)

* / Člen AIO, TDS, CWS ANB (člen EWF, IIW a IAB) / *

* / Member of AIO, TDS, CWS ANB (member of EWF, IIW and IAB) / *

Technická, školicí, zkušební, certifikační a inspekční činnost
Technical, training, testing, certification and inspection activity

Zkušební orgán, Certifikační orgán, Inspekční orgán
Testing Body, Certification Body, Inspection Body

**ÚDAJE UVÁDĚNÉ NA VÝKRESU – V DOKUMENTACI
SVAŘENCE**

ÚDAJE PRO PROVÁDĚNÍ SVAŘOVÁNÍ VÝROBKU (VYSPECIFIKOVANÉ SVAŘ. DOZOREM DLE ČSN EN ISO 14 731 v souladu ČSN EN ISO 3834-1 až 6)	
Číslo konstrukční dokumentace (dle ČSN EN ISO 3834)	
Výrobková norma (technická norma) (dle ČSN EN ISO 3834)	
Metoda svařování (pájení) (dle ČSN EN ISO 4063)	
Postup WPS (BPS) + instrukce + protokol WPQR (BPAR) (dle ČSN EN ISO 15 607, ČSN EN 13 133, ČSN EN 13 134, ČSN EN ISO 3834)	
Stupeň jakosti svaru (pájeného spoje) (dle ČSN EN ISO 5817, ČSN EN ISO 18 279, ČSN EN ISO 10 042, ČSN EN 12062)	
Součinitel hodnoty svarového (pájeného) spoje (dle výrobkové, event. technické normy)	
Stupeň přesnosti svařence - tolerance (dle ČSN EN ISO 13 920, ČSN ISO 2768-1a 2)	
Metody kontroly NDT + DT (dle ČSN EN 12 062, výrobkové normy, ČSN EN 12 799, ČSN EN 12 797)	
Svařovací plán (dle ČSN EN ISO 3834)	
Kvalifikace svářeče, páječe, operátora (dle ČSN EN 287, ČSN EN ISO 9606, ČSN EN 1418, ČSN EN 13 133, ČSN EN ISO 17660-1 a 2)	
Rovnáci plán (dle ČSN EN ISO 3834)	
Plán kontrol a zkoušek (dle ČSN EN ISO 3834)	
Postup tepelného zpracování (TZ) (dle výrobkové normy a ČSN EN ISO 3834)	

Adresa : TDS Brno – SMS, s.r.o. Mariánské nám. 1 617 00 BRNO	Tel. / fax / záznam : 545 129 470 Telefon : 545 129 471, 225, 207 E - mail : info@tdsbrnosms.cz Internet : www.tdsbrnosms.cz	IČ : 26962969 DIČ : CZ 26962969	Bankovní spojení : ČS, a.s. Brno č. účtu : 000000 – 2052325359/0800 Registrace u Krajského soudu v Brně v OR v oddílu C, vložce č. 48253
---	---	--	---

TECHNICKÉ DOZOROVÉ SYSTÉMY - SPECIÁLNÍ MANAŽERSKÉ SYSTÉMY • TECHNICAL INSPECTION SYSTEMS - SPECIAL MANAGEMENT SYSTEMS

příloha 5:

[illegible]

[dle výrobových norem, v souladu s ČSN EN ISO 3834 (bývalá ČSN EN 729), ČSN EN ISO 14 731 (bývalá ČSN EN 719), ČSN EN ISO 9001, ČSN EN 14 554-1 a 2, ČSN EN ISO 4063, CR ISO 15 608 (ČSN 050323), ČSN EN ISO 15 607]

příloha 6:



Plán kontrol a zkoušek [Abnahmeplan]

- *Projekt (dokumentace) /Projekt (Dokumentation) :*
- *Stavební součást /Bauteil/ :*
- *Výrobek (zařízení) /Fabrikat (Vorrichtung):*
- *Objednávka č. /Bestellnummer :*
- *Stavební skupina /Baugruppe :*

Zk. č. Prüf. Nr.	Typ zkoušky Inspektions – oder Prüfmeth.	Specifikace Spezifikation	Rozsah zk. Prüfungsb.	A	B	C	D	E	Poznámky Bemerkung
1.	Oprávněný výrobce Herstellerezulassung	ČSN 73 2601 ČSN P ENV 1090-1 ČSN P ENV 1993-1-1							
2.	Postupové zkoušky Verfahrensprüfung	ČSN EN ISO 15 614							
3.	Kvalifikace svářečů Schweisserprüfung	EN 287 – 1 ČSN EN ISO 9606-2, 3, 4, 5, EN 1418							
4.	Atestace materiálů Kontrolle der Halbzeuge	EN 10204/2.1, 2.2; 3.1; 3.2	100%						
5.	Značení materiálů Werkstoffkennzeichnung	dle dokumentace dokumentation	100%						
6.	Sestavení Zusammenbau	Výkres Zeichnung							
7.	Zkouška prozáření Durchstrahlungsprüfung	Výkr./Zeichn. Plan zk./Prüfpl.							
8.	Zkouška ultrazvukem Ultraschallprüfung	dle dokumentace dokumentation							
9.	Zkouška barevnou defektoskopií Farbecindringsprüfung	Výkres Zeichnung							
10.	Zkouška magnetickou metodou Magnetrisprüfung	Plán zkoušek Prüfplan							
11.	Vizuální zkouška Besichtigung	ČSN EN ISO 5817	100%						
12.	Kontrola rozměrů Masskontrolle	Výkres Zeichnung	100%						
13.	Tepelné zpracování Wärmebehandlung	dle dokumentace dokumentation							
14.	Metalografie vnitřní struktury Metallographieinnere	dle dokumentace dokumentation							
15.	Těsnostní zkouška Innenuntersuchung	dle dokumentace dokumentation							
16.	Tlaková zkouška Druckprobe	dle dokumentace dokumentation							
17.	Kontrola funkčnosti Funktionskontrolle	dle dokumentace dokumentation							
18.	Výkonový test Leistungstest	dle dokumentace dokumentation							
19.	Ochrana proti korozi Korrosionsschutz	Specifikace Spezifikation							
20.	Konečná kontrola Endkontrolle	Výkres Zeichnung	100%						
21.	Zkušební dokumentace Prüfildokumentation	Číslo Number							
22.	Uvolnění pro odeslání Versandfreigabe	Specifikace Spezifikation	100%						

A – investor/ Auftraggeber
B – hlavní dodavatel/ Generallieferant
C – subdodavatel/ Unterlieferant
D – protokol/ Protokoll
E – autor. orgán/ Author.Sachverst.

Razítko a podpis inspekčního orgánu
Stempel und Unterschrift inspekt. Sachverst.

příloha 7:

VÝROBNÍ POSTUP				
VÝROBEK:		ČÍSLO VÝROBNÍ DOKUMENTACE:	VÝROBKOVÁ NORMA:	
Pořadové číslo operace	Název a popis operace	Druh kontroly a zkoušení	V N	Podpis výrobního kontrolora
1.	Tryskání, čištění			
2.	Dělení materiálu, označení			
3.	Obrábění svarových úkosů			
4.	Odmaštění, čištění a označení			
5.	Sestavení, upnutí a stehování			
6.	Svařování			
7.	Rovnění po svařování			
8.	Ohýbání			
9.	Obrábění, event. vrtání			
10.	Broušení			
11.	Odmaštění, čištění			
12.	Povrchová úprava			
13.	Montáž			
14.	Expedice			

Zpracoval: TDS Brno – SMS, s.r.o.
(slouží jako vzor)

V – vyhovuje, N – nevyhovuje

SOUPIŠ WPS – Specifikací svařovacích postupů a WPQR – Kvalifikačních protokolů
(dle ČSN EN ISO 15 607, ČSN EN ISO 15 609-1, 2, 3, 4, 5, ČSN EN ISO 15 610, ČSN EN ISO 15 611, ČSN EN ISO 15 612, ČSN EN ISO 15 613, ČSN EN ISO 15 614, ČSN EN ISO 14 555, ČSN EN ISO 17 660, ČSN EN ISO 15 620, ČSN EN ISO 13 134 – dle ČSN EN ISO 3834-1 až 6)

[illegible]

WPQR Specifikace postupu svařování, **WPQR** Protokol o kvalifikaci postupu svařování

(Zpracoval: TDS Brno – SMS, s.r.o.)